

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN Y LA  
TECNOLOGÍA BIM COMO HERRAMIENTA EN LA  
ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO: CREACIÓN DEL  
COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL NIÑO  
SALVADOR DEL MUNDO–ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA  
Y DEPARTAMENTO DE PUNO, 2018”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**LADY MIRELLA FLORES PACHO  
PAOLA LILIANA MEDINA BUSTAMANTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN Y LA TECNOLOGÍA  
BIM COMO HERRAMIENTA EN LA ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE  
TÉCNICO: CREACIÓN DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL  
NIÑO SALVADOR DEL MUNDO-ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA Y  
DEPARTAMENTO DE PUNO, 2018”

TESIS PRESENTADA POR:

LADY MIRELLA FLORES PACHO  
PAOLA LILIANA MEDINA BUSTAMANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 DE DICIEMBRE DEL 2018

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

Ing. RAÚL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. JOSE LUIS CUTIPA ARAPA

DIRECTOR / ASESOR

:

Ing. YASMÁN TEÓFILO VITULAS QUILLE

TEMA: Diseño de proyectos

ÁREA: Construcciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y gerencia



## DEDICATORIA

*Este logro se lo dedico a la gran familia que pertenezco orgullosamente. A mi madre por su paciencia y enseñanza quien es la responsable de todo lo bueno que hay en mi vida, a mi padre por su preocupación y cuidado; y a ambos por su incondicional apoyo y comprensión. A mi hermana Karem, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mis las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.*

*Lady Mirella*

*A Dios por ser mi padre celestial y por bendecirme con todo lo que viene de su mano, a mis padres Jaime y Nila pues son mi principal cimiento para mi formación personal y profesional, en ustedes veo un ejemplo a seguir, sus virtudes y valores me hacen admirarlos cada día más.*

*A mis hermanos, Karen por ser mi mejor amiga, mi confidente y consejera desde pequeña, Ronald por ser uno de mis motivos que me hace querer ser mejor persona, A mis abuelitos Humberto y Bertha, porque han fomentado en mí el deseo de superación y triunfo en la vida. A mis queridos tíos y primos, gracias por darme aliento y motivación constante para seguir adelante y a Ciro por ser mi mejor amigo, espero contar siempre con tu valiosa amistad.*

*Paola Liliana*

## AGRADECIMIENTOS

*Le doy gracias a Dios por la vida. Gracias a mis padres, Dora y Wiliam, a mi querida hermana Karem, a mi cuñado Ronald y a mi adorada Fernandita por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. A mi familia, en especial a mis tías Elizabeth, Doris y tío Fernando, por ser verdaderas inspiraciones de persona y ayudarme a mantenerme en la ruta del éxito.*

*A mis amigos de la Universidad con quienes sin duda el periodo universitario fue un mejor pasar, de los cuales aprendí y viví momentos inolvidables. Les deseo lo mejor en su futuro como Ingenieros.*

*Lady Mirella*

*A Dios, por brindarme las incontables oportunidades, A mis padres Jaime y Nila, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada decisión y meta que tengo, por ser mi ejemplo a seguir y que junto con mis hermanos Karen, Luigui y Ronald son mi fuente de motivación e inspiración para superarme día a día. A mi prima Cristel y a mis abuelitos, personas vitales en mi vida.*

*A mis amigos de universidad Leidy, Edson, Lucero y mis compañeros de clase código 11, que con sus enseñanzas, risas y compañía hicieron más grato el camino a esta meta.*

*Paola Liliana*

*A nuestros docentes de nuestra querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en especial a los ingenieros Raúl, Roberto, José Luis, Yasmani y Jaime por sus enseñanzas, atención y amabilidad en todo lo referente a nuestra vida como alumnas de grado, gracias por contribuir a que este sueño se haga realidad.*

*A nuestros amigos de la vida; Ciro, Sharon, Samantha, Gerson, Blanca; quienes siempre fueron un pilar emocional fundamental en nuestras vidas, estando siempre presente cuando los necesitamos y a los cuales siempre apreciaremos.*

## ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | 9  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | 9  |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....   | 17 |
| RESUMEN .....   | 19 |
| ABSTRACT.....   | 20 |
| CAPÍTULO I .....  | 21 |
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 21 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....                                     | 21 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                                     | 22 |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....                                | 22 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....   | 22 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                      | 22 |
| 1.4. HIPÓTESIS.....   | 23 |
| 1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....   | 23 |
| 1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....                                       | 24 |
| 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....                            | 24 |
| CAPÍTULO II .....   | 26 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....   | 26 |
| 2.1. ANTECEDENTES .....   | 26 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO .....  | 32 |
| 2.2.1. LEAN PROJECT MANAGEMENT .....                                    | 32 |
| 2.2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA FILOSOFÍA<br>“LEAN” .....        | 32 |
| 2.2.1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LEAN<br>CONSTRUCTION.....           | 33 |
| 2.2.1.3. LEAN PRODUCTION (PRODUCCIÓN “LEAN”) .....                      | 33 |
| 2.2.1.4. LEAN CONSTRUCTION.....   | 38 |
| 2.2.1.5. LEAN PROJECT MANAGEMENT (GERENCIA DE<br>PROYECTOS “LEAN”)..... | 40 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.1.6. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (SISTEMA DE ENTREGA DE PROYECTOS “LEAN”)..... | 47 |
| 2.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....   | 50 |
| 2.2.2.1. MÓDULOS DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....                                    | 51 |
| 2.2.2.1.1. NECESIDADES Y VALORES .....  | 51 |
| 2.2.2.1.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....   | 52 |
| 2.2.2.1.3. CONCEPTOS DE DISEÑO .....  | 52 |
| 2.2.2.2. PROCESO DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....                                | 52 |
| 2.2.2.3. HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....                         | 54 |
| 2.2.2.3.1. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD).....                                   | 54 |
| 2.2.2.3.2. CONSTRUCTABILIDAD .....  | 58 |
| 2.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS.....   | 60 |
| 2.2.3.1. MÓDULOS DE DISEÑO SIN PÉRDIDAS .....                                       | 60 |
| 2.2.3.1.1. CONCEPTO DE DISEÑO .....   | 60 |
| 2.2.3.1.2. DISEÑO DE PROCESO .....  | 60 |
| 2.2.3.1.3. DISEÑO DE PRODUCTO.....  | 61 |
| 2.2.3.2. PROCESOS DE UN DISEÑO SIN PÉRDIDAS .....                                   | 61 |
| 2.2.4. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....                                     | 63 |
| 2.2.4.1. LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES DEL BIM.....                                  | 64 |
| 2.2.4.2. LA METODOLOGÍA BIM.....  | 66 |
| 2.2.4.3. LINEAMIENTOS DEL BIM .....   | 67 |
| 2.2.4.4. BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS .....                        | 68 |
| 2.2.4.5. BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE PROYECTOS.....                                | 68 |
| 2.2.4.6. TECNOLOGÍAS BIM EN EL PERÚ Y EL MUNDO.....                                 | 69 |
| 2.2.4.7. SOFWARES BIM PARA ARQUITECTURA.....  | 77 |
| 2.2.4.8. SOFWARES BIM PARA INGENIERÍA .....   | 79 |
| 2.2.5 LAST PLANNER .....  | 82 |
| CAPÍTULO III.....   | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. MATERIALES .....   | 87  |
| 3.1.1. POBLACIÓN:.....  | 87  |
| 3.2. MÉTODOS .....  | 87  |
| 3.2.1. REVISIÓN TEÓRICA Y CAPACITACIÓN LEAN-BIM .....                   | 87  |
| 3.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO (SEGÚN LEAN PROJECT<br>MANAGEMENT) ..... | 89  |
| 3.2.2.1. NECESIDADES Y VALORES .....                                    | 89  |
| 3.2.2.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....                                       | 93  |
| 3.2.2.3. CONCEPTOS DE DISEÑO .....                                      | 94  |
| 3.2.2.3.1. PROYECTO ARQUITECTÓNICO .....                                | 94  |
| 3.2.2.3.2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA .....                         | 105 |
| 3.2.2.3.2.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....                        | 105 |
| 3.2.2.3.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....                             | 132 |
| 3.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS.....   | 135 |
| 3.2.3.1 DISEÑO DEL PROCESO .....  | 135 |
| 3.2.3.1.1. DISEÑO ESTRUCTURAL .....                                     | 135 |
| 3.2.3.1.2. DISEÑO DE OTRAS ESPECIALIDADES.....                          | 190 |
| 3.2.3.1.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL<br>PROYECTO .....      | 191 |
| 3.2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO .....                                      | 191 |
| 3.2.3.2.1. MODELAMIENTO DEL PROYECTO<br>ARQUITECTÓNICO .....            | 191 |
| 3.2.3.2.2. MODELAMIENTO DEL PROYECTO<br>ESTRUCTURAL.....                | 193 |
| 3.2.3.2.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL<br>PROYECTO .....      | 223 |
| 3.2.3.2.3.1. PLANOS ESTRUCTURALES.....                                  | 223 |
| 3.2.3.2.3.2. METRADOS DE LA ESPECIALIDAD DE<br>ESRUCTURAS .....         | 226 |
| 3.2.3.2.3.3. PRESUPUESTO .....  | 231 |
| 3.2.4. LAST PLANNER.....  | 232 |

|  |     |
|--|-----|
| CAPÍTULO IV .....                      | 235 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....        | 235 |
| 4.1. DEFINICIÓN DE PROYECTO .....      | 240 |
| 4.1.1. MUESTRAS .....                  | 240 |
| 4.1.1.1. MÉTODO CONVENCIONAL.....      | 240 |
| 4.1.1.2 MÉTODO LEAN DESIGN .....       | 242 |
| 4.1.2. PROCESOS DE EVALUACIÓN.....     | 242 |
| 4.2. DISEÑO DEL PRODUCTO .....         | 248 |
| 4.2.1 ELABORACIÓN DE PLANOS .....      | 248 |
| 4.2.2 ELABORACIÓN DE METRADOS.....     | 250 |
| 4.2.3 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO ..... | 252 |
| 4.3 LAST PLANNER .....                 | 253 |
| CAPÍTULO V .....                       | 258 |
| 5. CONCLUSIONES .....                  | 258 |
| CAPÍTULO VI.....                       | 261 |
| 6. RECOMENDACIONES .....               | 261 |
| CAPÍTULO VII .....                     | 262 |
| 7. REFERENCIAS .....                   | 262 |
| ANEXOS .....                           | 266 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1: Aforo por componentes del proyecto .....  | 104 |
| Tabla 2: Áreas construidas por componentes del proyecto .....  | 105 |
| Tabla 3: Esfuerzo en distintas profundidades.....  | 113 |
| Tabla 4: Cálculo de “r” para distintas profundidades.....  | 113 |
| Tabla 5: Descripción de prospecciones efectuadas .....   | 113 |
| Tabla 6: Valores Típicos de Propiedades de Suelos y Rocas .....  | 123 |
| Tabla 7: Valores de Es según tipo de suelo.....  | 126 |
| Tabla 8: Valores de $\mu_s$ según tipo de suelo .....  | 126 |
| Tabla 9: Características de suelo de calicata C-1 .....  | 129 |
| Tabla 10: Puntos topográficos obtenidos de levantamiento topográfico..   | 132 |
| Tabla 11: Coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica en sentido X<br>y Y .....                       | 142 |
| Tabla 12: Procedimiento para obtención de espectro .....   | 144 |
| Tabla 13: Factores de forma .....  | 147 |
| Tabla 14: Modos de vibrar y participación modal, Cascarón externo.....   | 151 |
| Tabla 15: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón externo en<br>sentido X y Y .....                  | 153 |
| Tabla 16: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón<br>externo .....                         | 154 |
| Tabla 17: Modos de vibrar y participación modal, Cúpula Central .....  | 154 |
| Tabla 18: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (cúpula<br>central) en sentido X y Y ..... | 157 |
| Tabla 19: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón<br>interno (cúpula central) .....        | 157 |
| Tabla 20: Modos de vibrar y participación modal, Ojivales.....   | 158 |
| Tabla 21: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno<br>(ojivales) en sentido X y Y .....       | 158 |
| Tabla 22: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón<br>interno (ojivales) .....              | 159 |
| Tabla 23: Límites para la distorsión del entrepiso según norma E-30 .....                                      | 159 |
| Tabla 24: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central .....  | 160 |
| Tabla 25: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central .....  | 162 |
| Tabla 26: Desplazamientos laterales, Bóvedas Ojivales .....  | 164 |
| Tabla 27: Combinaciones básicas de diseño .....  | 181 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 28: Procedimiento del modelado en Revit Structure del Templo Niño Salvador del Mundo .....  | 194 |
| Tabla 29: Pictogramas utilizados en el flujo de procesos según Lean Design .....  | 240 |
| Tabla 30: Cuadro comparativo cualitativo de la elaboración de planos en el software Autocad y en el software BIM Revit .....                                  | 249 |
| Tabla 31: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit .....  | 250 |
| Tabla 32: Tabla comparativa de metrados elaborados por el método tradicional Vs generados por el software Revit.....  | 250 |
| Tabla 33: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit .....  | 251 |
| Tabla 34: Tabla comparativa de presupuesto parcial elaborados por el método tradicional Vs elaborado en base a metrados generados por el software Revit ..... | 252 |
| Tabla 35: Plan maestro del expediente técnico de muestra. ....  | 254 |
| Tabla 36: Leyenda del plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra.....  | 255 |
| Tabla 37: Plan semanal del expediente técnico de muestra. ....  | 257 |
| Tabla 38: Leyendas de áreas construidas .....   | 282 |
| Tabla 39: Presupuesto de proyecto Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo .....   | 286 |
| Tabla 40: Listado de partidas de estructuras del templo Niño Salvador del Mundo.....  | 326 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Clasificación de actividades según Lean Production .....   | 34 |
| Figura 2: Actividades de transformación y de flujo .....   | 35 |
| Figura 3: Triadas del Sistema de entrega de proyectos "lean"-LPDS .....  | 48 |
| Figura 4: Módulos de la fase definición del proyecto .....   | 51 |
| Figura 5: Procesos de la Definición del proyecto (Ballard y Zabelle, 2000)<br>.....  | 53 |
| Figura 6: Actores o agentes sociales que integra el IPD.....   | 55 |
| Figura 7: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007 )del<br>Proceso Tradicional del diseño .....                         | 57 |
| Figura 8: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del<br>Proceso Integrado del Diseño .....                           | 57 |
| Figura 9: Curva de MacLeany adaptado de "Integrated Project Delivery: A<br>Guide" (2007) The American Institute of Architects (AIA)..... | 58 |
| Figura 10: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad<br>.....  | 59 |
| Figura 11: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas .....  | 60 |
| Figura 12: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas .....  | 61 |
| Figura 13: Comparación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo<br>de vida de una estructura, con los dos sistemas.....        | 67 |
| Figura 14: Tiempo de Utilización de BIM según Regiones .....   | 70 |
| Figura 15: Aumento porcentual de implementación de BIM del 2013 al<br>2015 .....   | 70 |
| Figura 16: Mapa que muestra países con uso obligatorio de BIM en<br>proyectos públicos.....  | 71 |
| Figura 17: Niveles de adopción de BIM en USA.....  | 72 |
| Figura 18: Diagnóstico de la situación actual de formación de capital<br>humano de BIM en Chile .....                                    | 73 |
| Figura 19: Porcentaje de usuarios que utilizaron BIM para diferentes tipos<br>de proyectos .....   | 73 |
| Figura 20: Sistema de trabajo de Last Planner .....  | 84 |
| Figura 21. Esquema de los planes necesarios en el proyecto.....  | 85 |
| Figura 22: Flujo de la metodología Last Planner System .....   | 86 |
| Figura 23: Reunión de reconocimiento de necesidades y valores con<br>beneficiarios (feligreses) .....                                    | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 24: Reunión de coordinación con beneficiarios, promotores y equipo proyectista.....                                     | 91  |
| Figura 25: Reunión de coordinación entre especialistas de diferentes especialidades.....                                       | 91  |
| Figura 26: Reunión de coordinación entre especialistas de ingeniería y arquitectura .....                                      | 91  |
| Figura 27: Reunión de coordinación con promotores, consultores y equipo proyectista.....                                       | 92  |
| Figura 28: Constatación y delimitación del terreno.....  | 93  |
| Figura 29: Pruebas insitu para programa de investigación de suelos .....   | 93  |
| Figura 30: Primera propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo .....                           | 94  |
| Figura 31: Segunda propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo .....                           | 95  |
| Figura 32: Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo.....  | 96  |
| Figura 33: Distribución funcional del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo .....  | 96  |
| Figura 34: Distribución en planta del Templo Niño Salvador del Mundo .   | 97  |
| Figura 35: Concepción de la forma del Templo Niño Salvador del Mundo .....   | 98  |
| Figura 36: Bóveda de crucería de arcos ojivales y cúpula de arcos ojivales .....   | 98  |
| Figura 37: Bóvedas del cascarón interno .....  | 99  |
| Figura 38: Sección del proyecto que muestra cascarón interno y cascarón externo .....  | 99  |
| Figura 39: Fachada oeste del Templo Niño Salvador del Mundo.....   | 100 |
| Figura 40: Fachada norte del Templo Niño Salvador del Mundo.....   | 100 |
| Figura 41: Fachada este del Templo Niño Salvador del Mundo.....  | 101 |
| Figura 42: Fachada sur del Templo Niño Salvador del Mundo .....  | 101 |
| Figura 43: Vista del Bloque 2 (Zona académica y administrativa).....   | 103 |
| Figura 44: Vista del Bloque 3 (Salón de Usos Múltiples) .....  | 104 |
| Figura 45: Ubicación del terreno destinado para el proyecto .....  | 106 |
| Figura 46: Acceso al terreno destinado para el proyecto.....   | 106 |
| Figura 47: Zona del proyecto en mapa Geológico .....   | 108 |
| Figura 48: Mapa geológico del cuadrángulo 32-v (Puno) .....  | 110 |
| Figura 49: Distribuciones de presiones correspondiente a una carga concentrada vertical en la superficie del semi-espacio..... | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 50: Isobaras o bulbo de presiones verticales bajo una carga puntual .....  | 112 |
| Figura 51: Ubicación y delimitación de calicatas planteadas .....   | 114 |
| Figura 52: Supervisión y toma de datos en excavación con maquinaria de calicatas planteadas. ....   | 114 |
| Figura 53: Verificación de la calidad de roca encontrada en el fondo de calicata N° 4 utilizando martillo de geólogo .....  | 116 |
| Figura 54: Supervisión de realización de ensayo de compresión confinada de roca en laboratorio .....  | 118 |
| Figura 55: Muestras de rocas después de ser sometidas a ensayo de compresión confinada de roca en laboratorio .....   | 118 |
| Figura 56: Ábaco para determinar el tipo de falla que se presentara en la zona de estudio .....   | 120 |
| Figura 57: Características que presenta la falla por corte local .....  | 121 |
| Figura 58: Diferenciación entre zapatas rígidas y flexibles .....   | 124 |
| Figura 59: Detalle de zapata más crítica del Templo Niño Salvador del Mundo .....   | 124 |
| Figura 60: Valores de $\alpha$ , $\alpha_{prom}$ y $ar$ .....   | 127 |
| Figura 61: Relación entre esfuerzo normal y esfuerzo cortante .....   | 129 |
| Figura 62: Curvas de nivel obtenidas a partir de levantamiento topográfico .....  | 134 |
| Figura 63: Perfil de corte A-A y B-B .....  | 135 |
| Figura 64: Primera propuesta de cascaron interno de Templo .....  | 135 |
| Figura 65: Sistema estructural final de cascarón interno del Templo .....   | 136 |
| Figura 66: Mapa Eólico del Perú .....   | 146 |
| Figura 67: Distribución de presiones y succiones de la cubierta tipo domo, observe que la presión es local y la succión actúa en la mayor parte de la superficie del domo ..... | 148 |
| Figura 68: Modelo 3D del cascarón externo .....   | 149 |
| Figura 69: Modelo 3D de Cúpula central (Cascarón interno) .....   | 150 |
| Figura 70: Modelo 3D de bóvedas ojivales (Cascarón interno) .....   | 150 |
| Figura 71: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cascarón externo .....  | 160 |
| Figura 72: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cúpula central .....  | 162 |
| Figura 73: Desplazamiento por acción sísmica, Bóvedas ojivales .....  | 164 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 74: Elementos componentes de Cascarón Externo para diseño en acero.....                       | 166 |
| Figura 75: Diseño en acero de elementos componentes del Cascarón Externo.....                        | 167 |
| Figura 76: Valores “ P-M Ratio Colors & Values” de Armadura AM-CE-01 .....                           | 168 |
| Figura 77: Diseño en acero de Armadura AM-CE-02.....   | 169 |
| Figura 78: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01 .....                      | 170 |
| Figura 79: Diseño en acero de Armadura AM-CE-03.....   | 171 |
| Figura 80: Elementos componentes de Cúpula Central para diseño en acero .....                        | 172 |
| Figura 81: Diseño en acero de elementos componentes de la cúpula central .....                       | 172 |
| Figura 82: Diseño en acero de Armadura-01 .....  | 173 |
| Figura 83: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento cobertura .....                                 | 174 |
| Figura 84: Valores “ P-M Ratio Colors & Values “de Armadura 02 .....                                 | 175 |
| Figura 85: Diseño en acero de Armadura-03 .....  | 176 |
| Figura 86: Bóveda tipo 1 .....   | 176 |
| Figura 87: Bóveda tipo 2 .....   | 177 |
| Figura 88: Bóveda tipo 3 .....   | 177 |
| Figura 89: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-1.....               | 178 |
| Figura 90: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-2.....               | 179 |
| Figura 91: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-3.....               | 180 |
| Figura 92: Diseño de C°A° Vigas - Dirección radial de Cascarón Externo (SAP 2000) .....              | 182 |
| Figura 93: Envoltorio de Diagrama de Momentos, viga 25x110cm de Cascarón externo.....                | 182 |
| Figura 94: Envoltorio de Diagrama de Cortantes, viga 25x110 cm de Cascarón Externo .....             | 183 |
| Figura 95: Diseño de C°A° Columnas C-1 - Dirección radial Cúpula de Cascarón Interno (SAP 2000)..... | 184 |
| Figura 96: Diseño de Columnas C-2 Cálculo de Área de Columnas - Dirección Y-Y, bloque 1 .....        | 184 |

Figura 97: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna Ø80 cm  
Cúpula central Cascaron Interno..... 185

Figura 98: Diseño de C°A° Columnas C-7 y C8 - Dirección radial Cascaron  
Externo (SAP 2000) ..... 185

Figura 99: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x60 cm  
de Cascaron Externo..... 186

Figura 100: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x40  
cm de Cascaron Externo ..... 186

Figura 101: Parámetros para el diseño de ménsula M-1 ..... 187

Figura 102: Render del programa Lumion del modelo 3D importado de  
Sketchup del proyecto arquitectónico ..... 192

Figura 103: Vista lateral del templo en Lumion del modelo 3D importado  
de Sketchup ..... 192

Figura 104: Vista en planta del Complejo Sociocultural Parroquial en  
Lumion del modelo 3D importado de Sketchup..... 193

Figura 105: Paso 1 para exportación de Revit a AutoCAD ..... 223

Figura 106: Paso 2 para exportación de Revit a AutoCAD ..... 224

Figura 107: Plano de Cascaron externo del bloque B1:Templo Niño  
Salvador del Mundo de proyecto en formato dwg AutoCad..... 225

Figura 108: Plano de Cascaron interno del bloque B1:Templo Niño  
Salvador del Mundo del proyecto en formato dwg AutoCad ..... 225

Figura 109: Tabla de planificación de Revit Structure ..... 226

Figura 110: Pestaña “campos” en recuadro de propiedades de tabla de  
planificación..... 227

Figura 111: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla..... 227

Figura 112: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades  
de tabla de planificación ..... 228

Figura 113: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla de  
planificación..... 228

Figura 114: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades  
de tabla de planificación ..... 229

Figura 115: Muestra de metrados de columnas generados por Revit  
Structure..... 230

Figura 116: Elaboración de plan maestro con todos los Stakeholders ..... 232

Figura 117: Plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra  
..... 233

|   |     |
|---|-----|
| Figura 118: Muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra .....  | 234 |
| Figura 119: Porcentaje de actividades cumplidas de muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra .....       | 234 |
| Figura 120: Flujo de procesos según Lean Design para obtención del Expediente Técnico de muestra .....                                | 236 |
| Figura 121: Participación de Stakeholders en las etapas de elaboración del Expediente Técnico de muestra .....                        | 237 |
| Figura 122: Flujo de procesos y pictogramas utilizados en el método tradicional de elaboración de expediente técnico de muestra ..... | 238 |
| Figura 123: Flujo de procesos según Lean Design de la elaboración del expediente técnico de muestra .....                             | 239 |
| Figura 124: Coordinación entre involucrados de un proyecto de edificación .....   | 242 |
| Figura 125: Especialidades más importantes .....  | 243 |
| Figura 126: Participación de los constructores en la etapa de diseño .....  | 244 |
| Figura 127: Estudio de otras alternativas .....   | 246 |
| Figura 128: ¿Cómo agrega valor a su diseño? .....   | 246 |
| Figura 129: ¿En qué especialidad se producen las mayores modificaciones? .....  | 248 |
| Figura 130: Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo .....   | 281 |

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**BIM** : Building Information Modeling

**CAD** : Computer Aided Design

**IPD** : Integrated Project Delivery

**LPM** : Lean Project Management

**LPDS**: Lean Project Delivery System

**LCI** : Lean Construction Institute

**VSM** : Mapeo de la cadena de valor

**TPM** : Mantenimiento Productivo Total

**POE** : Evaluación post-ocupación

**CDI** : Corporación de Desarrollo Tecnológico

**RNE** : Reglamento Nacional de Edificaciones

**CAPECO**: Cámara Peruana de la Construcción

**ACI** : American Concrete Institute

**IFC** : Industry Foundation Classes

**NTP** : Norma Técnica Peruana

**MEF** : Método de los Elementos Finitos

**SAP** : Structural Analysis Program

**ASTM**: American Society for Testing and Materials

**SUM** : Sala de Usos Múltiples

**ASCE**: American Society of Civil Engineers

**ASSHTO**: American Association of State Highway and Transportation  
Officials

**SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**GPS** : Global Positioning System

**BM** : Bench Mark

**MDF** : Medium Density Fibreboard

**INGEMMET:** Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

**DL** : Dead Load

**LL** : Live Load

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación busca evaluar la Filosofía Lean Design utilizando como herramienta principal la tecnología BIM en la etapa de definición y diseño del expediente técnico “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno-2018”. El proyecto referido se encuentra proyectado en el Centro Poblado de Alto Puno, contemplado en un área total de terreno de  $2697.22 m^2$  y está organizado en tres bloques, la muestra utilizada fué el bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo. El desarrollo de la investigación se inició con la conceptualización de la Filosofía Lean Design y la metodología BIM para que en una segunda etapa sean aplicados en la elaboración del expediente técnico con el objetivo de ser evaluados mediante comparaciones con el método tradicional en muestras representativas y base de datos de proyectos similares. El Lean Design es el alineamiento de valores, conceptos y criterios, representa la primera fase del lean Project Delivery System, basado en la filosofía de “maximizar el valor y reducir los desperdicios” verificando las necesidades del cliente y optimizando al máximo los recursos. La tecnología BIM utiliza softwares que trabajan de manera integrada siendo el más utilizado Revit Structure, herramienta de modelado 3D, que ayuda a crear documentación, generar planos y reporte de metrados en un entorno coordinado. Lean Design se ve influenciado por el BIM por la variabilidad de los tiempos de elaboración de proyectos, con la filosofía “Lean” el objetivo es reducirlos y el BIM ayuda con las funcionalidades de visualización 3D de formas, precisión y rápida generación de diseños alternativos. La aplicación de la investigación logró optimizar la elaboración del expediente técnico de muestra en comparación con el método tradicional.

**Palabras Clave:** Lean Design, Building Information Modeling (BIM), optimización, expediente técnico, Templo

## ABSTRACT

The present research project seeks to evaluate the Lean Design Philosophy using BIM technology as the main tool in the definition and design stage of the technical file "Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno-2018". The referred project is projected in the smaller town of Alto Puno contemplated in a total land area of 2697.22  $m^2$  and is organized in three blocks, the sample used was block B1: Templo Niño Salvador del Mundo. The development of the research began with the conceptualization of the Lean Design Philosophy and the BIM methodology to be applied in the preparation of the technical file in order to be evaluated by comparisons with the traditional method in samples representative and database of similar projects. Lean Design is the alignment of values, concepts and criteria, represents the first phase of the lean Project Delivery System, based on the philosophy of "maximize value and reduce waste" by verifying customer needs and optimizing resources. The BIM technology uses software that works in the integrated way being the most used Revit, which is a 3D modeling tool that helps create documentation, generate plans and report measurements in a coordinated environment. Lean Design is influenced by the BIM due to the variability of project development times, with the "Lean" philosophy the objective is to reduce them and the BIM helps with the 3D visualization features of forms, precision and rapid generation of alternative designs. The application of the research was able to optimize the elaboration of the technical file of sample compared to the traditional method.

**Keywords:** Lean Design, Building Information Modeling (BIM), optimization, technical files, temple.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La productividad y grado de eficiencia de los proyectos realizados en el Perú son categorizados en su mayoría como regulares a deficientes, debido a que se sigue utilizando la metodología tradicional donde se encuentran inconsistencias en la formulación de proyectos en las diferentes especialidades involucradas en su construcción, siendo los principales factores: la incompatibilidad de planos entre especialidades, la falta de coordinación entre los profesionales proyectistas, estudios preliminares inconsistentes y hasta en muchas ocasiones inexistentes, errores de diseño arquitectónicos y estructurales, incompatibilidad con la normativa vigente, falta de constructabilidad en el diseño, metrados, presupuestos y cronogramas no ajustados a la realidad. Estos factores influyen de manera directa en el tiempo y costo de ejecución de obra, generando ampliaciones de plazo, adicionales de presupuesto y reformulaciones realizadas durante la fase de ejecución.

Otro aspecto que interviene en la eficacia de planificación de proyectos es la utilización recurrente de tecnologías convencionales que no trabajan con sistemas integrados de información que podrían optimizar el tiempo de producción del proyecto, como se evidencia en el modelamiento 2D en formato CAD que abarcan largos tiempos de dibujo en planos de planta, detalles, cortes, perfil y elevaciones, asimismo los metrados de cada especialidad al ser realizados a criterio del proyectista pueden presentar errores de cálculos y tomar tiempos considerables que conjuntamente con el dibujo de planos podrían ser aprovechados en la maduración de la idea y conceptos de diseño.

Los proyectos de construcción desarrollados en nuestra Región bajo la metodología tradicional que no presentaron los problemas antes mencionados son pocos o inexistentes, en contraste con otros países y ciudades donde se incrementó el porcentaje de proyectos que mostraron un mejor flujo de trabajo y optimizaron el valor de los expedientes técnicos gracias a la implementación de nuevas metodologías de gestión de proyectos, lamentablemente en nuestro entorno aún existe resistencia a la adaptación de estas nuevas metodologías y tecnologías por parte de los involucrados en la definición y diseño del proyecto.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influye la aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnología BIM como herramienta en la definición y diseño del proyecto: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta en la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la aplicación de la filosofía Lean Design en la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en base a registros de datos de proyectos similares.

- Realizar una comparación cualitativa y cuantitativa de la generación de planos a partir del modelamiento 3D en Revit Structure con la elaboración de planos 2D en AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar la precisión del metrado generado por el software Revit Structure con el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar el tiempo del metrado generado por el software Revit Structure con el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar el presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure con el presupuesto realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta optimiza la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

#### 1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- La aplicación de la filosofía Lean Design optimiza la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; mediante las herramientas IPD y constructabilidad
- La utilización del software Revit Structure optimiza el proceso y reduce el tiempo de elaboración de planos en comparación a los generados con el software AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- La precisión del metrado generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- El tiempo de obtención de metrados generado por el software Revit Structure es menor que el tiempo de elaboración de metrados realizados a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- El presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el presupuesto realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.

#### 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La industria de la construcción representa un factor muy importante para el desarrollo de la sociedad, porque crea infraestructuras para el bienestar, desenvolvimiento y calidad de vida de las personas. La construcción tradicional sigue en franca evolución

ya que se dan constantes actualizaciones e innovaciones en cuanto a normativas, metodologías y tecnologías.

Si no se adopta una mejora continua haciendo uso de las innovaciones en la etapa de definición y diseño de proyectos se continuaría con la producción de expedientes técnicos de baja calidad lo que ocasionaría una mala inversión del presupuesto destinado al sector construcción y una baja competitividad regional estancando el desarrollo de la sociedad.

Por lo que se propone el uso de herramientas “Lean” como el IPD, la constructabilidad, el Last Planner y herramientas tecnológicas bajo la metodología BIM que incrementan la productividad, eliminan los trabajos repetitivos, emiten documentación y reportes para la fase de ejecución, generando resultados acordes a la Filosofía Lean Design, el cual está basado en la optimización del diseño de proyectos. Estos beneficios se verán reflejados en la elaboración del expediente técnico: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018”, que tiene como tarea específica la creación de espacios destinados a la oración, celebraciones sagradas, entre otros, que satisfagan las necesidades espirituales, físicas, e intelectuales de los feligreses de Alto Puno.

A su vez con esta investigación, se beneficiarán aquellos proyectistas que estén desarrollando proyectos o deseen formar sus propias empresas, al igual que estudiantes afines al tema de la gestión de proyectos en el rubro de la construcción.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación se tiene:

Vásquez (2006) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulado “EL LEAN DESIGN Y SU APLICACIÓN A LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN” plantea que:

Hoy en día los mayores esfuerzos se concentran en mejorar los métodos constructivos, las herramientas, la calidad de mano de obra, etc., dejando a la deriva lo que sucede durante la elaboración de los planos y de la secuencia del diseño, (...). Por ello esta tesis propone mejorar las etapas de Definición y Diseño de los proyectos de edificación usando las técnicas “lean”, las cuales se vienen aplicando en nuestro país desde hace unos años y con gran éxito en la construcción de edificaciones, pero aplicados solo a la ejecución de la obra. De esta forma, se amplía también la visión acerca del uso de las técnicas “lean”, desarrollando y explicando qué es el Lean Project Management, el modelo Lean Project Delivery System, y específicamente la Definición y el Diseño “lean”. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 1)

La investigación concluye: que el modelo Lean Project Delivery System (LPDS) del Lean Project Management proporciona las herramientas necesarias para gerenciar cualquier proyecto de edificación donde se quiere maximizar el valor y minimizar las pérdidas desde el inicio del proyecto hasta su uso final, (...). Respecto a la incompatibilidad de planos, se encontró que este refleja un 35% de los problemas ocurridos en la obra debido a un mal diseño del proyecto, un porcentaje notoriamente

mayor que los otros problemas existentes, lo que nos indica a dónde deben enfocarse los esfuerzos para el mejoramiento de esta fase. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 103)

Finalmente, en cuanto al diagnóstico realizado, se observó que existe un total desconocimiento en el medio acerca del uso de intranets y modelación 3D o 4D para el desarrollo del diseño, solo un 18% dice conocerlos, así como de cualquier otra tecnología para esta fase. Lo que nos indica que, si bien en la ejecución de obras de construcción se han ido presentando nuevas tecnologías, la fase de diseño se ha quedado estancada en la evolución del uso de tecnologías que ayuden a hacerla más eficiente. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 104)

Espinoza y Pacheco (2014) en su tesis para optar el grado académico de Magister en Dirección de la construcción titulado “MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM” menciona que:

Actualmente la Industria de la Construcción en el Perú, viene creciendo de manera acelerada y a pesar de su crecimiento, los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: incumplimiento de los plazos y sobre costos, baja productividad, insuficiente calidad, altos índices de accidentes en comparación con otros sectores de producción, entre otros. La mayoría de estos problemas atribuibles a una ineficiente gestión desde etapas tempranas y a una inadecuada planificación y control de proyectos.

Hoy en día, existe software como el AutoCAD que es muy generalizado y no estandarizado. Esta tecnología basada en la representación gráfica, aparte de demandar tiempo para su elaboración, no son compatibilizadas entre sí, es decir entre plantas, cortes y elevaciones de la misma especialidad o de diferentes especialidades de un proyecto, resultando con ello la propagación de errores frecuentes en el diseño, los cuales se

manifiestan en la fase de construcción a expensas del promotor, el contratista o el arquitecto (stakeholders), que se ven afectados por dichos re-trabajo y sobrecostos.

Nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar estos problemas, disminuyendo los costos, los plazos y mejorando la calidad de los trabajos. BIM, acrónimo de Building Information Modeling, es una de estas. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 4)

La investigación se basó en identificar los beneficios derivados de realizar una coordinación digital en etapas tempranas del proyecto utilizando tecnologías BIM y conceptos de constructabilidad. Para ello la propuesta de mejora se centró en la etapa de pre-construcción donde se analizó los factores que afectan a la constructabilidad mediante el uso de herramientas BIM teniendo como resultado general el aumento del porcentaje de constructabilidad en un 84%, es decir, que se revisó de manera virtual el proyecto en todos sus especialidades, se corrigió las incompatibilidades y se analizó los puntos críticos del proyecto (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014).

Asimismo, se Pacheco (2015) realizó: *“un comparativo económico, confrontando el proyecto ejecutado de manera tradicional versus el proyecto ejecutado utilizando herramientas BIM y constructabilidad, obteniendo una diferencia de \$ 29,255.72 a favor del proyecto ejecutado mediante aplicación de BIM, es decir que el proyecto se puede reducir en dicha monto”* (pág 102).

Freire y Alarcón (2001) en su artículo titulado “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE DISEÑO EN PROYECTOS. ACHIEVING A LEAN DESIGN PROCESS” afirman que:

La influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica como técnicamente es extremadamente importante. Es precisamente en esta etapa donde se conceptualizan las ideas y especulaciones del cliente en un modelo físico materializable; definiendo sus necesidades y requerimientos a través de procedimientos, planos, y especificaciones técnicas. Sin embargo, la administración y la ingeniería del diseño han sido escasamente examinadas y ejemplificadas, (...). Este artículo propone una metodología para el mejoramiento del proceso de diseño, basándose en los conceptos y principios de gestión de producción “lean” aplicados al área de diseño (Lean Design). Tras una breve descripción de la base teórica de la metodología, se describe en detalle cada una de sus etapas, resaltando los aspectos más importantes. Posteriormente, se muestran los resultados de una aplicación de la metodología en una empresa de diseño, enfatizando los potenciales mejoramientos que son posibles con este nuevo enfoque de gestión del proceso de diseño. (Freire & Alarcón, 2001, pág. 62)

La gestión del proceso de diseño de acuerdo a los principios de “lean production” reúne diferentes perspectivas para modelar, analizar y comprender al proceso. Específicamente, considera al proceso de diseño como un conjunto de tres modelos distintos: conversión, flujo y generación de valor. De esta forma, se propuso y se aplicó en una empresa de diseño una metodología de mejoramiento que fue basada en estos principios y conceptos. Los exitosos resultados de la aplicación de la metodología validan su uso, generando mejoramientos en el proceso de diseño al reducir errores de los productos, tiempos de ciclo y la proporción de las actividades que no agregan valor; por ende incrementando la productividad en un 31%. Al mismo tiempo, el desempeño de los proyectos mejoró al proveer la construcción con productos de mejor calidad, menor variabilidad y en menor tiempo. Más aún, los resultados son sólo una fracción del

potencial de mejoramiento que es posible con el apoyo estratégico de las empresas y el compromiso de toda la organización. (Freire & Alarcón, 2001, pág. 78)

Vilca (2014) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulado “OPTIMIZACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODEL – MODELADO DE INFORMACIÓN PARA EDIFICACIONES) APLICADO AL “CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA UNA-PUNO” explica:

Gracias a las nuevas tecnologías se ha pasado del tradicional dibujo a mano de planos en dos dimensiones a la existencia de software que posibilita el desarrollo de todo el proceso arquitectónico en tres dimensiones (proyecto y construcción). Permitiendo trabajar con un sistema integrado de información donde cualquier cambio que se ha hecho en cualquier lugar y en cualquier momento es automáticamente coordinado a través del proyecto entero, (...). Tanto es así que un nuevo cambio se está produciendo en el sector de la construcción, poco a poco CAD (Computer Aided Design) da paso a BIM (Building Information Modeling). Según un estudio realizado en EE.UU. por McGraw-Hill Construction (2009), la mitad de la industria está empleando BIM para el desarrollo de sus proyectos o alguna herramienta actual relacionada con BIM, esto supone un incremento de usuarios en los dos últimos años de un 71% en el continente norteamericano .

Para demostrar la eficiencia realizó la elaboración de un proyecto de ingeniería en el que se utilizaran todas las herramientas que esta tecnología nos ofrece, y se midió cualitativamente todos los parámetros para determinar porque se debería usar e implantar, así como también se concluyó cuáles son las variables que no permiten que se expanda el uso de la misma, cuales son las limitaciones y cuanto influye, la elaboración de éste

mediante las herramientas que ofrece el BIM han de servir hasta la culminación del proyecto definitivo. (Vilca Peralta, 2014, pág. 9)

Como resultados se obtuvo que el modelamiento en planta (2D) como en una vista 3D posibilitan la visualización completa del proyecto, esto además permite obtener información como cortes, elevaciones, vistas foto realistas que dan una idea preconcebida del diseño final y detalles de manera automática lo que garantiza invertir el recurso tiempo en aspectos más puntuales como la concepción de varias alternativas en lugar de invertir este tiempo conceptualizando cortes, elevaciones u otra documentación, de esta manera el tiempo ahorrado es aprovechado en la realización de mejores diseños. En la especialidad de estructuras se ahorró tiempo dando más espacio a enfocarse en el análisis de diferentes propuestas de diseños estructurales, la seguridad, economía y eficiencia estructural que se debe ofrecer a las edificaciones, así como la mejora de la ingeniería de detalle. En el diseño de instalaciones eléctricas y sanitarias se optimizó el tiempo porque los planos han sido realizados conforme se hizo el diseño, asimismo las herramientas específicas para la especialidad facilitaron la fase de cálculo, diseño y dibujo. La realización de los metrados ha sido optimizada ya que el software ofrece la posibilidad de realizar un cómputo de materiales parametrizados en el modelo dinámico o modelo BIM que son fáciles de manejar por el usuario (Vilca Peralta, 2014).

“CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO” dice:

#### CLAUSULA TERCERA: OBJETO DEL CONVENIO

El presente convenio tiene por objeto establecer las condiciones de mutuo colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad del Altiplano a fin de consolidar

esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto a nivel del perfil y definitivo para la construcción del templo “Niño Salvador del Mundo”, cuya ubicación del terreno situado en el Centro Poblado de Alto Puno, de la ciudad de Puno. El convenio suscrito en el 2016, se viene implementando en el 2016 y 2017, a través de la participación estudiantil mediante iniciativas como la presente materializada a través del proyecto de investigación propuesto.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. LEAN PROJECT MANAGEMENT**

#### **2.2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA FILOSOFÍA “LEAN”**

La filosofía Lean Construction se origina en la industria de la producción o a lo que se conoce como Lean Production, donde nació nuevas ideas y sistemas de producción empleando conceptos de eliminación del desperdicio, producir cantidades de productos a bajo costo y una mejora continua.

La tendencia de mejora en las empresas manufactureras viene desde finales de 1890 teniendo a *Frederick W. Taylor* como uno de los representantes más resaltantes de la época quien innovo estudiando y difundiendo la administración científica del trabajo, fundando el movimiento conocido como “Administración Científica del Trabajo” cuyo pensamiento se basa en la eliminación de las pérdidas de tiempo, dinero, recursos, horas hombre, y otros mediante un método científico. *Taylor* afirmaba que “El principal objetivo de la administración debe ser: asegurar la máxima prosperidad del empleador como del empleado”. De este pensamiento de *Taylor* denominado “Taylorismo” se obtiene la formalización del estudio de los tiempos y el establecimiento de estándares, a partir de los cuales *Frank Gilbreth* añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. *Gilbreth* fue el fundador de la técnica moderna del estudio de movimientos, con la que se buscaba establecer la reducción del tiempo y la fatiga en una operación. De esta manera

*Taylor, Gilbreth* y otros temporáneos iniciaron los primeros conceptos de eliminación de desperdicios de tiempos y el estudio de movimientos (...). En los años 30, los encargados de dirigir la empresa automotriz Toyota implementaron una serie de mejoras en las líneas de producción de tal forma que estas mejoras faciliten la continuidad en el flujo de materiales, así como la flexibilidad a la hora de fabricar otros productos. Terminada la segunda guerra mundial la empresa Toyota con sus ingenieros a cargo *Taiichi Ohno* y *Shingeo Shingo* vieron la necesidad de afianzar lo realizado en los años 30, debido a la necesidad de fabricar variedad de productos, pero en pequeñas cantidades, de esta manera crean los conceptos de Just In Time, Waste Reduction, Pull System, los que con otras técnicas de puesta en flujo, crean el Toyota Production System. (Quispe Quispe, 2015, págs. 25,26)

#### **2.2.1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LEAN CONSTRUCTION**

En 1992, en Finlandia *Lauri Koskela*, profesor universitario, en su tesis de doctorado “Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción”, estableció una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de proyectos basándose en el modelo de Lean Production. (Pons Achell, 2014)

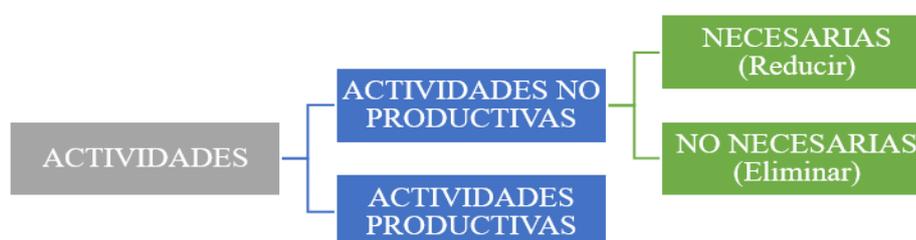
Es así que con este aporte se dió inicio a la filosofía Lean Construcción y a la creación de Lean Construction Institute en agosto del año 1997 (Quispe Quispe, 2015, pág. 27)

#### **2.2.1.3. LEAN PRODUCTION (PRODUCCIÓN “LEAN”)**

La denominación Lean Production fue denominado en el año 1990 por el *Dr. James Womack* en colaboración del *D. Jones* y *D. Roos* en el libro “The Machine that Changed the world”, el cual explicaba un sistema de sistema de gestión de plantas

industriales que usaban menos esfuerzo, inversión, instalaciones, inventarios y tiempo humano; este sistema fue difundido en todo el mundo (Vásquez Ayala, 2006).

El sistema de producción “Lean” se basa en la Teoría de Flujos que consiste en un flujo de procesos de conversión de la materia prima hasta el producto final, dentro de los cuales se generan dos tipos de actividades las productivas que si agregan valor al proceso y las actividades improductivas que no agregan valor; ambos tipos de actividades consumen recursos, tiempo y esfuerzo, la diferencia es que las productivas están dirigidas a los requerimientos del cliente mientras que las improductivas no lo hacen.

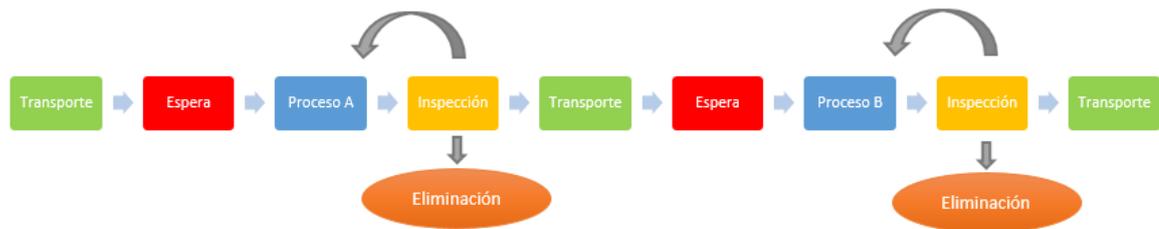


*Figura 1: Clasificación de actividades según Lean Production*

*Fuente: (Guzmán Tejada, 2014)*

El objetivo principal del sistema en el que se basa la filosofía Lean es reducir o eliminar toda actividad que no agregue valor al producto y genere desperdicios de los recursos, tiempo y esfuerzos, pero muchas de estas actividades no necesariamente pueden ser erradicadas.

Para entender de mejor manera el proceso de producción Ballard presentó una cadena de actividades de transformación y de flujos que se muestra a continuación:



*Figura 2: Actividades de transformación y de flujo*

*Fuente: Ballard, 2000*

Como se visualiza en la figura, los procesos en color blanco son las actividades improductivas, uno de ellos son las esperas, las cuales se generan por muchos factores que impiden realizar el siguiente proceso, como pueden ser problemas o deficiencias con el personal, material, etc. Otra actividad no productiva es el movimiento o también llamado transporte, el cual es básico para el traslado de los materiales. Estas dos actividades no agregan un valor al producto y son necesarias para continuar con el proceso de producción, pero hay que tratar de reducir o eliminarlas (en el caso de las esperas).

Las actividades que no productivas son Pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos:

### **Sobre – Producción**

Se refiere a producir más de lo que demanda el cliente, ya sea este el cliente final del producto o la actividad sucesora en el proceso de producción. Es el peor tipo de pérdida porque da lugar a otra que es el inventario.

### **Esperas**

Es el tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de materiales, herramientas, equipos o información. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no Contributivos.

### **Transporte**

Este tipo de pérdida no se refiere al transporte en sí porque como lo veremos más adelante es una actividad que si bien no agrega valor es completamente necesaria para realizar las actividades productivas. Se refiere al exceso de esta actividad, es decir no tener identificados puntos de acopio que hagan que se transporte continuamente los materiales sin generar apoyo a la producción.

### **Sobre – Procesamiento**

Cargar de mayor trabajo del necesario a una actividad simple, los sobrecostos en los que incide no son asumidos por el cliente y generan pérdidas para el proyecto. Es la pérdida más difícil de identificar y reducir.

### **Inventario**

Se refiere a la acumulación de productos o materiales por parte de los subprocesos por diferencias en las demandas entre estos (flujos no balanceados). Este tipo de desperdicio genera también transportes y esperas por lo que eliminarlo es fundamental para obtener ahorros.

### **Movimientos**

Cualquier tipo de movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una actividad, estas pueden ser de personas como de equipos. Este tipo de pérdida está ligado con el estudio de tiempos y movimientos; y se tiene que realizar un estudio mucho más exhaustivo para eliminarlo.

## Defectos

Son las pérdidas por los trabajos mal hechos o que presentan defectos por lo que no se pueden entregar a la siguiente actividad en ese estado y para resolver dichos defectos se tienen que incurrir en un costo que tiene que ser asumido por la empresa. (Guzman Tejada, 2014, págs. 9,10)

Los principios de “Lean Production” considerados por *Lauri Koskela* en la “Aplicación of the new Production filosofy to construction” son:

- **Identificar las actividades que no aportan valor:** eliminar o reducir actividades no productivas para lograr un flujo de trabajo continuo y una alta productividad.
- **Incrementar el valor del producto:** conocer las características del producto que el cliente valora e incluirlos en el diseño para igualar y hasta superar las expectativas del cliente.
- **Reducir la variabilidad:** La variabilidad genera más actividades improductivas, lo que alarga el tiempo de producción perjudicando a la empresa productora y al cliente
- **Reducción del tiempo de ciclo:** está directamente relacionado con la reducción de actividades improductivas.
- **Simplificación de procesos:** Simplificar los procesos del flujo de producción; tareas más sencillas generan menos gastos.
- **Introducir el mejoramiento continuo:** basada en el Kaisen, filosofía japonesa que busca el mejoramiento continuo

- **Mejorar tanto la transformación como flujo:** Actualizar las tecnologías; el flujo y la transformación están íntimamente ligados y la mejora de uno producirá la mejora del otro componente
- **Referenciar los procesos (Benchmarking):** Comparar los procesos de nuestra empresa con los procesos de la empresa líder, así obtener mejores ideas y tener competitividad en nuestro campo laboral.

Para el cumplimiento de la filosofía Lean en la producción se pueden utilizar muchas herramientas, las más conocidas son las 5(S), Mapeo de la Cadena de Valor(VSM), Mantenimiento productivo total (TPM), Pull System, etc.

#### 2.2.1.4. LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction nace de la adaptación filosofía Lean enfocado a la gestión de proyectos del sector construcción siguiendo principios de Lean Production. En términos de Lean Construction Institute, el Lean Construction es una gerencia de producción basada en la entrega de proyectos, es una nueva manera de diseñar y construir productos o servicios.

Esta nueva filosofía surge en respuesta a las carencias que se tienen en construcción en cuanto a productividad, calidad, seguridad y nuevas técnicas. Esto es debido a que si comparamos la productividad de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. (Quispe Quispe, 2015, págs. 32,33)

El principio básico de Lean Construcción es reducir las actividades no productivas en las actividades de construcción, las más comunes son las esperas por falta de

materiales, herramientas y equipos, esperas por actividades previas inconclusas o mal desarrolladas, esperas por falta de una correcta instrucción para el desarrollo de los trabajos, reprocesos constructivos por trabajos mal ejecutados, rediseños, excesiva mano de obra, desplazamientos innecesarios por una mala planificación de zonificación de almacenes en obra, etc.

Lean Construction es aplicable a todas las etapas de un proyecto de construcción desde su planificación hasta la operación, pero cabe resaltar que la industria de la construcción es muy compleja, ya que cada proyecto posee sus propias características y ningún proyecto será igual a otro, por más similares que sean estos pueden ser ejecutados en modalidades distintas; a esto llamamos variabilidad, el cual es un factor inherente de la construcción que entorpece la aplicación de una filosofía Lean, a pesar de ello se pudo adaptar Lean producción a esta industria, creando la filosofía Lean Construction (Guzman Tejada, 2014).

Según Lean Construction Institute las principales diferencias entre Lean Construction y las modalidades actuales de gerencia de proyecto son:

El control es redefinido, de ser “los resultados de un monitoreo” a un “hacer que las cosas pasen”. El rendimiento del sistema de planificación es medido y mejorado para dar confiabilidad al flujo de trabajo y a los resultados predecibles del proyecto.

El rendimiento consiste en maximizar el valor y minimizar las pérdidas en el proyecto. Las prácticas actuales se enfocan en optimizar cada actividad produciendo una reducción del rendimiento total.

La entrega de proyectos es el diseño simultáneo del servicio o producto y su proceso de producción. La práctica actual, aún con el uso de la constructabilidad, es un proceso secuencial que no puede prevenir las iteraciones que producen pérdidas.

El valor para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto. En la práctica actual, el dueño define completamente los requerimientos al inicio y la entrega al final, a pesar de los cambios en el mercado, la tecnología y la economía.

El coordinar a través del “jalar” y el flujo continuo es opuesto a la práctica tradicional dada por el “empujar” con una sobre-confianza centralizada en una autoridad y con cronogramas para gerenciar los recursos y coordinar el trabajo.

Descentralizar la toma de decisiones trae transparencia y confianza. Esto significa proveer a los participantes del proyecto de la información sobre el estado de los sistemas de producción y darles la confianza de realizar las acciones. (Vásquez Ayala, 2006, págs. 9,10)

#### **2.2.1.5. LEAN PROJECT MANAGEMENT (GERENCIA DE PROYECTOS “LEAN”)**

El Lean project Management es la gestión de proyectos que congrega estrategias de producción donde se maximiza el valor del producto y minimiza las pérdidas, además congrega los conceptos de “diseñar y hacer”. Para el sector construcción se creó un modelo denominado Lean Project Delivery System LPDS que se explicará a continuación.

### 2.2.1.5.1. IMPLEMENTACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN EN LA NORMATIVA PERUANA

El proceso de implementación Lean y BIM en el Perú en los últimos años ha ido descendiendo por muchas razones, entre ellos destaca la coyuntura económica y la insuficiente inversión tecnológica de nuestro país, además que se tiene una alta tasa de centralización BIM en Lima, y se deja de lado las capacitaciones y difusión de información en los demás departamentos del Perú.

Por eso es que es importante que se establezcan estándares de Lean y BIM en el Perú e incluso que se vuelvan una política de estado lo que en la actualidad aún no se ha llevado a cabo. Si hablamos netamente de la aplicación de la filosofía Lean como Lean Construction en el sector construcción, esta aún no se ha adoptado en la gestión del sector público, pero son las grandes constructoras quienes han implementado la filosofía en su empresa, incluso fueron seis empresas peruanas las que fundaron el capítulo peruano de Lean Construction Institute siendo: GRAÑA Y MONTERO, COINSA, COPRACSA, EDIFICA, MARCAN Y MOTIVA; todas ellas aplican las técnicas de la filosofía Lean en la gestión de sus proyectos de construcción desde hace ya varios años.

A nivel de universidades la Pontificia Universidad Católica del Perú difunde los lineamientos Lean con el principal objetivo de elevar el nivel de eficiencia y productividad de los profesionales de nuestro sector.

Si hablamos de la adopción BIM en el Perú, el arquitecto *Quiroz Zurunaga* sostiene que *“La adopción BIM en el Perú la han realizado, fundamentalmente, las empresas constructoras más grandes y las principales gerencias de proyectos. Empresas inmobiliarias están tercerizando servicios de modelado BIM, pero existe también un gran grupo de empresas medianas que en su mayoría no han adoptado BIM, seguidas por*

*empresas de servicios de diseño (arquitectos e ingenieros) que siguen aún más rezagadas en este proceso”*

Por otro lado, para el arquitecto *Daniel Basurto*, gerente de Operaciones de BBS Perú, la implementación BIM en el país se encuentra en una etapa inicial de investigación y promoción del uso de la tecnología y señala que *“La evolución en los últimos años ha sido promovida por la empresa privada, con mucha influencia en el sector público. Así mismo, la multiplicación de consorcios extranjeros en licitaciones -que ya han desarrollado esa metodología en sus países de origen- ha motivado a diferentes empresas del sector a invertir en la educación de sus profesionales y en la implementación de la metodología en sus áreas de proyecto. Los resultados son impresionantes”*.

Según indica *Germán Elera*, de Finalcad *“Tenemos al estado peruano que está atado de manos porque con todas las buenas intenciones de aplicar BIM en sus proyectos carece de una normativa. Por ello, en algunos casos se ven obligados a ejecutar estos proyectos por administración de entidades no gubernamentales, que sí pueden aplicar esta filosofía”*, asimismo señala que *las empresas en el Perú que implementan BIM se “Podría decir que 3 de cada 10 empresas peruanas, tienen pensado implementar esta filosofía en sus proyectos. Algunas empresas lo vienen integrando dentro de su plan estratégico, con el fin de desmarcarse de la competencia. Otras vienen haciendo ‘pilotos’ con el fin de concientizar y ver los resultados que pueden obtener”*.

Los próximos pasos son involucrar a las principales Entidades y Organismos del gobierno para difundir el valor de Lean Design, Lean Construction y la tecnología BIM y conozcan los beneficios que puede traer en el desarrollo de los proyectos. Para tal fin una de las entidades es CAPECO que ha tenido la iniciativa y viene realizando capacitaciones BIM en el gobierno.

### **2.2.1.5.2. IMPLEMENTACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN EN LA NORMATIVA INTERNACIONAL**

En las normas internacionales que estandarizan los lineamientos de Lean Construction se tiene el ISO 9001 Sistema de Gestión de la Calidad, que es una norma de sistemas de gestión de la calidad (SGC) reconocida internacionalmente fundamentado en el cumplimiento de 8 principios de gestión de la calidad, basado a su vez en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar). La norma ISO 9001 es un referente mundial en SGC, superando el millón de certificados en todo el mundo

Esta norma se centra en la detección y determinación de procesos de la organización como actividad decisiva para su funcionamiento eficaz. El proceso de evaluación del cumplimiento de los ítems exigidos por ISO 9001 será valorado/auditado por personal que reúne todas las competencias técnicas que la Elaboración propia norma determina.

La norma ISO 9001 es aplicable a cualquier organización – independientemente de su tamaño y ubicación geográfica. Una de las principales fortalezas de la norma ISO 9001 es su gran atractivo para todo tipo de organizaciones. Al centrarse en los procesos y en la satisfacción del cliente en lugar de en procedimientos, es igualmente aplicable tanto a proveedores de servicios como a fabricantes.

Dota a la organización de un sistema de gestión de la calidad basado en los estándares normalizados de aceptación y reconocimiento internacional. De este modo la organización obtiene de un valor añadido que generará una ventaja competitiva para clientes y proveedores. Al mismo tiempo aumenta la posibilidad de establecer determinadas relaciones comerciales que requieran / exijan altos niveles de calidad y

eficacia estableciendo enlaces con proveedores certificados. Todo ello repercutiendo de forma directa en la gestión del ahorro y reducción de gastos.

La norma ISO 9001 de sistemas de gestión de la calidad proporciona la infraestructura, procedimientos, procesos y recursos necesarios para ayudar a las organizaciones a controlar y mejorar su rendimiento y conducirles hacia la eficiencia, servicio al cliente y excelencia en el producto.

La certificación ISO 9001 SGC le ayuda a transmitir:

- Compromiso a sus accionistas
- Reputación de su organización
- Satisfacción de cliente
- Ventaja competitiva

Otras normas son: la ISO 21500 e ISO 10006 que nos proporcionan una descripción de alto nivel y complementarias a los metodologías y buenas prácticas en Dirección de Proyectos. La ISO 10006 no es una guía para la gestión de proyectos sino más bien es una recomendación sobre buenas prácticas en Project Management

La ISO 21500 en sus tres primeros capítulos tienen el mismo contenido que los tres primeros capítulos del PMBoK, la diferencia es que la ISO tiene puesto el foco en las organizaciones mientras que el PMI tiene su foco en los profesionales de la dirección de proyectos.

La guía del PMBOK es una norma norteamericana muy reconocida en el campo de la gestión de proyectos al punto que es adoptada en muchos países. Siendo el PMBOK

(Project Management Body of Knowledge) una norma reconocida para la gerencia de proyectos en los Estados Unidos, ha sido incorporada como parte del conjunto de normas de la American National Standard con la denominación ANSI/PMI 99-001-2004. El PMBOK no es el único modelo en esa dirección. Compite con otras propuestas de gerencia de proyectos como el de la Association for Project Management (APM) y Prince (en Reino Unido). No obstante, está posicionado internacionalmente como estándar de gerencia de proyectos. Las certificaciones otorgadas sobre PMBOK, como Certificate Associate in Project Management (CAPM) y Project Management Professional (PMP) son las más reconocidas por las organizaciones. En tanto modelo, el PMBOK no indica cómo hacer las cosas.

#### **2.2.1.5.3. REPERCUSIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN EN LA EJECUCIÓN DE OBRA**

La aplicación de Lean Design en los expedientes genera beneficios durante su Elaboración propia elaboración o producción, pero también trae ventajas e incluso prevee inconvenientes en la fase de ejecución de obra, se sabe que se tienen dos modalidades de ejecución de obra: por administración directa y por contrata, para ambas modalidades las ventajas son:

- Al utilizar Lean Design gracias al “flujo de procesos” que se elabora con las herramientas como el Last Planner y el IPD en el desarrollo del expediente técnico estaremos cerciorándonos de no evadir o ausentar algunos procedimientos que son de vital importancia para la obtención de un proyecto exitoso y de calidad, por ejemplo
  - a) Los estudios de suelos y estudios topográficos muchas veces no son realizados por cuestiones de tiempo y coste o son sustituidos por datos

simplificados de google Earth, entre otros, pero que pueden generar consecuencia a la hora de ejecución como que el residente de obra se encuentre con un suelo con características incongruentes con los datos consignados en el expediente técnico y este a su vez suponga incorporar partidas que no se consignaron inicialmente repercutiendo así en el plazo y adicionales de obra.

- b) Otro caso que sucede con frecuencia en el método convencional de elaboración de expedientes técnico es que no se realizan las coordinaciones continuas entre todos los involucrados ( usuarios, proyectistas, consultores y constructores) lo que genera discrepancias y desconocimientos de datos entre los proyectistas o insatisfacciones por parte del usuario lo que puede traer consigo correcciones , generando una vez más pérdidas de tiempo en retrabajos innecesarios que se pudieron evitar con la gestión de involucrados como sugiere la herramienta IPD de Lean Design.
- Se produce un expediente técnico de calidad visualizado en las documentaciones generadas con la herramienta tecnológica BIM, el cual sigue los lineamientos Lean, principalmente en los metrados, presupuesto y planos.
    - a) En los planos se reducen o en el mejor de los casos hasta se eliminan incompatibles entre todas las especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias, lo que en ejecución se habrá evitado una reformulación del expediente y en el peor de los casos se habría evitado interferencias constructivas entre las especialidades.

- b) En los metrados obtenidos del software BIM al ser más precisos generará un presupuesto más ajustado a la realidad lo que en la fase de ejecución ya no existirá presupuestos adicionales o presupuestos deductivos.

#### **2.2.1.6. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (SISTEMA DE ENTREGA DE PROYECTOS “LEAN”)**

El Lean Project Delivery System LPDS fue desarrollada por *Glenn Ballard* y publicada por el LCI en el año 2000(...). LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. (Pons Achell, 2014, pág. 38)

El LPDS utiliza herramientas que facilitan la planificación y control, maximizando el valor y minimizando las pérdidas a lo largo del proceso de construcción. En general, los proyectos se dividen en fases, lo mismo sucede en este modelo LPDS, sin embargo lo que diferencia a este modelo con otros es la definición de cada una de las fases, la relación entre cada fase y los participantes que actúan en ellas. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 11)

Este sistema LPDS está conformado por once (11) módulos agrupados en cinco (5) fases, a estos se añaden dos (2) módulos que se extienden a lo largo de las otras cinco (5) fases y un último módulo que es el nexo entre el proyecto terminado y otro nuevo.

## Lean Project Management (LPM)

### Lean Project Delivery System (LPDS)

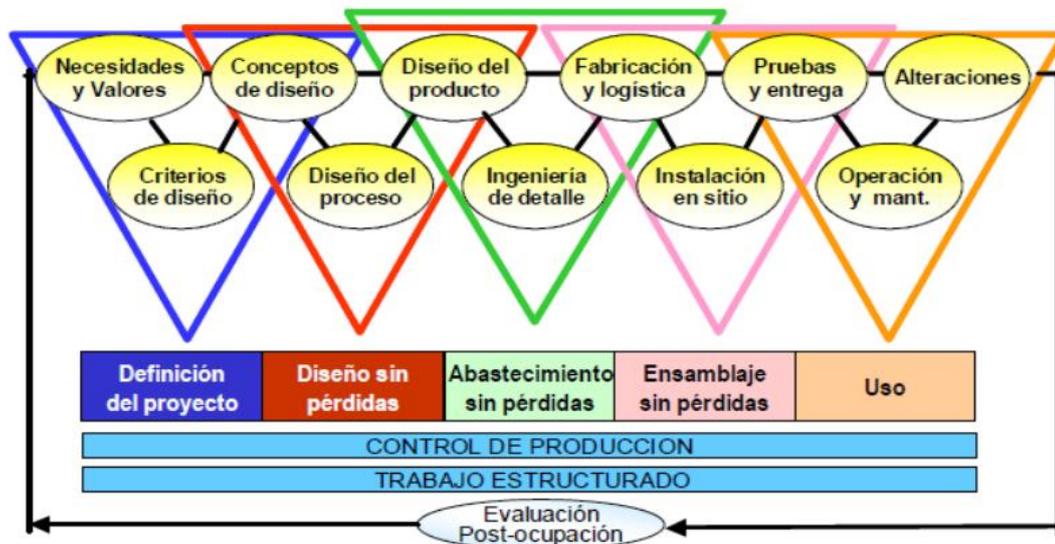


Figura 3: Triadas del Sistema de entrega de proyectos "lean"-LPDS

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

### Definición del Proyecto

Dentro de esta fase se incluyen los objetivos (también conocido como necesidades y valores del cliente), conceptos y criterios de diseño. Estos tres módulos están influenciados el uno del otro, por lo que es necesario mantener coordinaciones continuas entre los involucrados.

### Diseño Lean

El módulo que conecta la fase de definición de proyecto y el diseño lean son los conceptos de diseño. En esta etapa también se realizan coordinaciones continuas principalmente entre los proyectistas tanto para el diseño del producto y proceso.

Los diseños convencionales por lo general se ejecutan de manera dividida e individualista entre los profesionales proyectistas lo que genera retrabajos por

incompatibilidades entre especialidades encontradas a lo largo del desarrollo de los diseños, con Lean design se genera una comunicación continua en la cual se desarrollan nuevas alternativas en el diseño de un proyecto.

### **Suministro Lean**

Una vez obtenido el diseño del producto y del proceso se habla de la fase de suministro Lean, la cual consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega de los componentes utilizando la base de la filosofía Lean “reducir el tiempo de producción de información y materiales”. En esta fase se habla del término de la entrega Just-in-Time de materiales a la obra, que consiste de suministrar solo la cantidad necesaria y en el tiempo requerido.

### **Ensamblaje Lean o ejecución Lean**

Esta fase inicia con la adquisición de información, materiales, mano de obra, equipos y herramientas para la ejecución de la obra, instalaciones y culmina con el uso de la infraestructura por parte del usuario. En esta etapa será de vital importancia tener la capacitación de Lean construcción en los encargados y jefes directos de la obra como son los supervisores, residentes y capataces, de esta manera estaremos generando un trabajo proactivo y así ellos sepan liderar de la mejor manera la dirección de la obra.

### **Uso y mantenimiento Lean**

Se inicia con el uso de los usuarios de la infraestructura y la aceptación de ella después de haber pasado por varias pruebas para certificar su calidad; y culmina con el cierre de la obra después de haber realizado las correcciones pertinentes,

Es en esta fase que se debe evaluar las deficiencias y problemas que se tuvo a lo largo de todas las anteriores fases para tenerlo en cuenta en un próximo proyecto y poder mejorar continuamente.

### **Control de producción**

Este módulo al igual que la estructuración del trabajo está presente de manera paralela a las 5 anteriores fases mencionadas. El control de producción está basado en el control de flujo de trabajo y de la unidad productora mediante herramientas como es el fundamental uso del “Ultimo planificador” (Last planner).

### **Estructuración del trabajo**

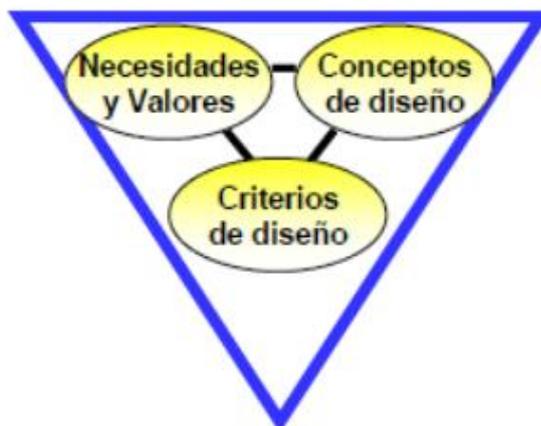
Este módulo tiene como objetivo hacer un flujo de trabajo más confiable y rápido mientras se añade valor para el cliente. Y también nos habla de la concordancia que tiene el desarrollo de los procesos y operaciones con el diseño del producto.

### **Bucle de aprendizaje**

El Bucle de aprendizaje o también llamado Evaluación post-ocupación (POE), es la evaluación y aprendizaje del procedimiento del Lean Project Delivery System. realizado durante el proceso de entrega. vínculo de retroalimentación desde el final de un proyecto hasta el comienzo de uno nuevo.

## **2.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

La fase de Definición del proyecto está compuesta por los tres módulos que se visualizan en la imagen: Necesidades y valores, criterios de diseño y conceptos de diseño.



*Figura 4: Módulos de la fase definición del proyecto*

*Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005*

### **2.2.2.1. MÓDULOS DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

#### **2.2.2.1.1. NECESIDADES Y VALORES**

Una necesidad es el estado de privación que siente un individuo (Kotler, 1989), esta necesidad se materializa en un deseo, el cual depende de factores tales como los estilos de vida, la condición social, la condición cultural, la condición familiar, los gustos, las preferencias, etc., este deseo acompañado de un determinado poder adquisitivo se convierte en una demanda de mercado. Los valores por otro lado son los atributos o aptitudes que los clientes perciben de nuestros productos y que pueden satisfacer en mayor o menor grado sus necesidades.

Para un producto inmobiliario de vivienda, las necesidades y valores dependerán del segmento de mercado al cual nos queramos dirigir, pudiendo ser por ejemplo, condiciones que tienen que ver con la ubicación, la distribución, las condiciones estructurales, el equipamiento, las instalaciones y los acabados. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 13)

### **2.2.2.1.2. CRITERIOS DE DISEÑO**

*Orihuela Astupinaro y Orihuela Astupinaro (2005) afirma “Los criterios de diseño son las pautas que se toman en cuenta para la concepción de una idea o concepto, las cuales provienen de la experiencia y conocimientos de los temas relacionados a esta idea o concepto” (pág.13).*

Existen 2 tipos de criterios de diseño: un criterio general, el cual se refiere a las necesidades primarias del usuario; y un criterio de detalle, referido a aspectos más específico del diseño.

En el sector construcción del Perú, estos criterios se basan en el Reglamento Nacional de edificaciones, Normas Técnicas Peruanas, etc.

### **2.2.2.1.3. CONCEPTOS DE DISEÑO**

El LPDS define a este módulo como el nexo entre la definición del proyecto y el diseño Lean.

El concepto es la idea o pensamiento que se tiene de cualquier cosa plasmado en palabras, dibujos, bocetos o anteproyectos y se da una vez que haya sido determinado provisionalmente las necesidades y valores, y se hayan definido los principales criterios de diseño. Cabe resaltar que no se trata de una secuencia de módulos sino todo lo contrario se debe llegar a un acuerdo entre necesidades y valores, criterios y conceptos de diseño si es posible mediante iteraciones.

### **2.2.2.2. PROCESO DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

El Lean Construcción Institute recomienda seguir los siguientes pasos para la Definición del Proyecto:

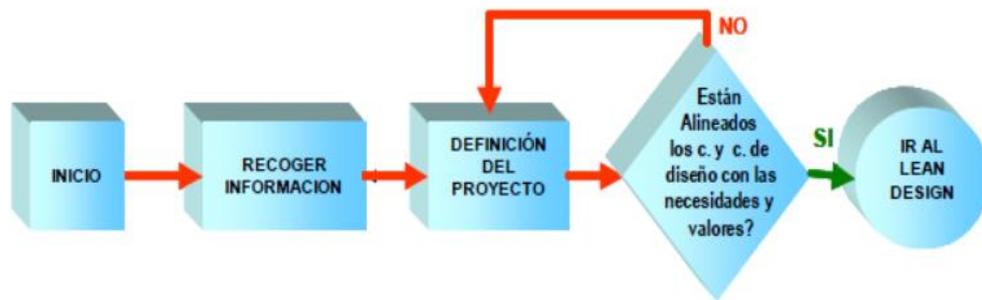


Figura 5: Procesos de la Definición del proyecto (Ballard y Zabelle, 2000)

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

Pablo Orihuela A. y Jorge Orihuela A. en su artículo “Aplicaciones de Lean Design a Proyectos Inmobiliarios de Vivienda”, definen los procesos de la siguiente manera:

- **Inicio**- Comienza con la identificación de la oportunidad de mercado, luego de lo cual habrá que elaborar un perfil que nos dé una idea de la viabilidad del negocio y después se debe pasar a definir el equipo del proyecto.
- **Recopilación de información**-Por un lado implica estudiar lo que los inversionistas o promotores esperan del proyecto, por otro lado es necesario investigar el perfil de los clientes de nuestro mercado meta y entender los intereses y puntos de vista de todos los involucrados, así también es imprescindible obtener la reglamentación y normativa aplicable a la ubicación del proyecto y las condiciones del sitio, no solo las físicas como el tipo de suelo, la topografía o las cimentaciones vecinas, sino también las condiciones socioeconómicas del sector, el equipamiento urbano adyacente, la tendencia futura de la zona, etc.
- **Preparación y Reunión sobre la Definición del Proyecto**-En la preparación se debe contar con algunos criterios de diseño preliminares y con el desarrollo de

diferentes alternativas a través de esquemas o bocetos de diseño acompañados con algunos presupuestos y cronogramas tentativos. En las reuniones, en las cuales deben participar activamente los proyectistas y demás involucrados, se debe desarrollar una perspectiva de trabajo en equipo para alinear los conceptos de diseño.

- **Alineación de las necesidades, criterios y conceptos de diseño**-Este es un punto clave para concluir con esta fase, si los tres módulos tienen un buen grado de alineación, entonces podemos pasar a la etapa del Diseño “Lean”. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 14)

### **2.2.2.3. HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

#### **2.2.2.3.1. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)**

IPD es una evolución del LPDS que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción. (Pons Achell, 2014, pág. 45)



*Figura 6: Actores o agentes sociales que integra el IPD*

*Fuente: Pons Achell, 2014*

Los principios del IPD se basa en un trabajo colaborativo que a su vez se basa en la confianza. Hoy en día muchos proyectos son realizados de manera individual por parte de los integrantes e involucrados lo que puede generar un proyecto deficiente, con el IPD se logran mejores resultados, para ello es muy importante la formación de un equipo integrado y multidisciplinario, donde cada persona responsable debe seguir los principios del IPD, trabajen de manera conjunta y efectiva.

Las funciones de los participantes involucrados como equipo son: tener en cuenta los intereses comunes; deben definir de manera mutua los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes; deben adaptar una forma flexible al proyecto y deben desarrollar acuerdos definiendo las funciones de cada participante.

Miembros del equipo integrado multidisciplinario:

Como líder del equipo debe existir un coordinador del proyecto, “Será la persona encargada de presidir las reuniones de la fase de la Definición del proyecto, recoger las opiniones de todos los especialistas y encausar las ideas para llegar a acuerdos, es decir

lograr el objetivo final de esta fase que es la de alinear los propósitos, los criterios y conceptos de diseño en una misma dirección.” (Vásquez Ayala, 2006, pág. 48)

Las funciones para cada participante o agente social que integra el IPD son:

Otro componente son los proyectistas, aquí están los arquitectos, ingenieros estructuralistas, ingenieros sanitarios, ingenieros electricistas y demás especialistas. Así mismo todos los proyectistas deben tener coordinación directa con el constructor para entender cómo funciona el proyecto integrado y cómo va a ser completado y así poder identificar y solucionar problemas potenciales de diseño que tradicionalmente se descubren recién en la fase de ejecución de obra.

Acerca del constructor se afirma que la naturaleza del alcance de los servicios del constructor se ve afectada principalmente en el IPD por su pronta participación en el proyecto y su participación en el equipo integrado. En concreto, aumenta el papel del constructor de una manera significativa durante las primeras etapas de diseño, en el que los constructores ahora prestan servicios estratégicos tales como programación de la producción, estimación del coste, ajuste de las fases, evaluación de los sistemas, revisiones de constructabilidad, y programas tempranos de compras y adquisiciones.

Los constructores se introducen en las fases iniciales del proyecto para aportar su experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto. El resultado es un mayor papel a la hora de comentar e influir en la innovación del diseño. Este aumento de su función durante la fase de diseño requiere que el constructor proporcione de manera continua estimaciones del coste objetivo del valor del diseño (Target Value Design) durante la fase de diseño. (Pons Achell, 2014, pág. 50)

Otros agentes integrantes del IPD son los clientes o usuarios, el subcontratista, los ejecutores en obra, y proveedores.

A continuación, se observa una comparación entre el proceso tradicional del diseño y un proceso integrado de diseño.



Figura 7: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del Proceso Tradicional del diseño

Fuente: Pons Achell, 2014

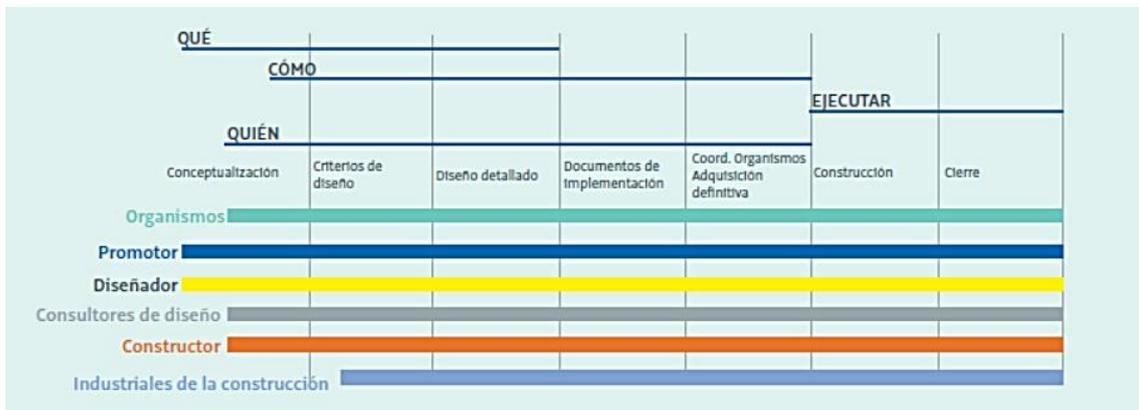


Figura 8: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del Proceso Integrado del Diseño

Fuente: Pons Achell, 2014

### FASES DE UN PROYECTO INTEGRADO

En un proyecto integrado movemos las decisiones de diseño aguas arriba tanto como sea posible, donde estas decisiones son más efectivas y menos costosas, lo que

supone replantear las fases típicas de un proyecto tradicional. La curva de *Mac Leamy* ilustra el concepto de toma de decisiones sobre el diseño en una fase temprana del proyecto, cuando la oportunidad de influir positivamente en los resultados se maximiza y los costes de los cambios se minimizan. (Pons Achell, 2014, pág. 48)

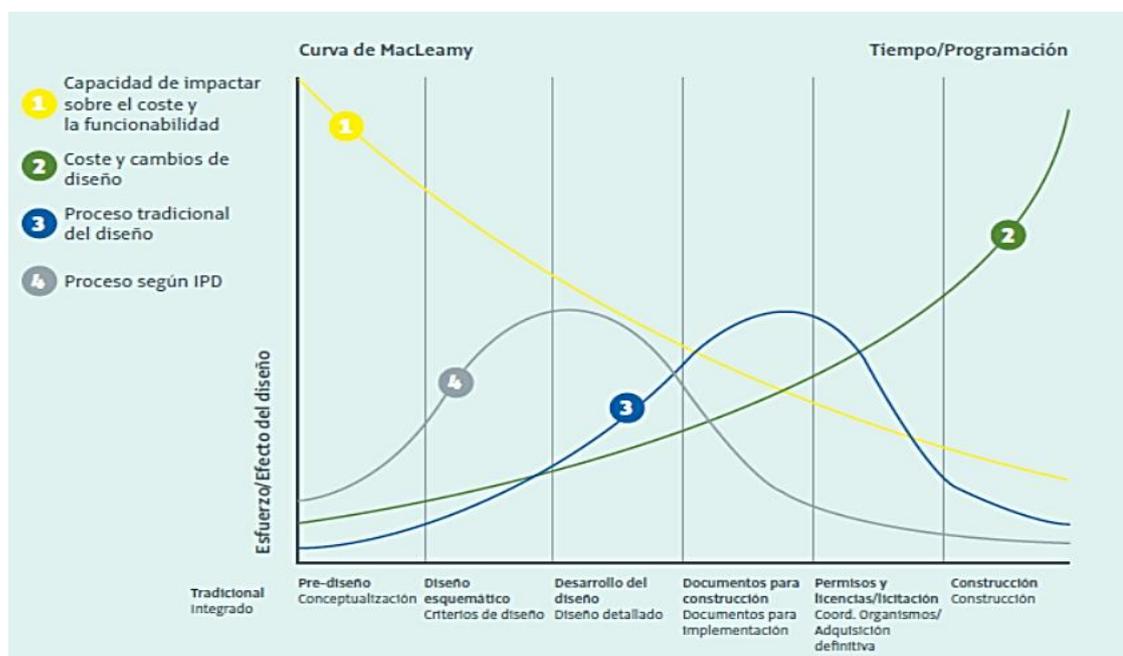


Figura 9: Curva de MacLeamy adaptado de "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007) The American Institute of Architects (AIA)

Fuente: Pons Achell, 2014

#### 2.2.2.3.2. CONSTRUCTABILIDAD

La constructabilidad es una herramienta para la definición de proyectos que va acorde a la filosofía Lean Production ya que reduce defectos y optimiza varios factores del proyecto en sus diferentes etapas.

Es decir, la constructabilidad es la participación activa de personal con experiencia y capacidad en la industria de la construcción como en todas sus actividades preliminares a un proyecto. Esto ayuda a optimizar la fase de ejecución al prever en la fase de diseño o procura los problemas que pueda presentarse en obra y así tomar medidas preventivas

que permitan solucionar o reducir las interferencias e incompatibilizaciones de manera anticipada y ágil. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 123)

La constructabilidad es aplicable no solo en la etapa de ejecución sino de manera estratégica también en las etapas más tempranas como la planificación y diseño del proyecto, donde se puede obtener beneficios como la reducción de costos, acortes cronogramas y plazos, mejorar de la calidad, tener un mejor control de riesgos y en general tener menos problemáticas en la ejecución de obra.

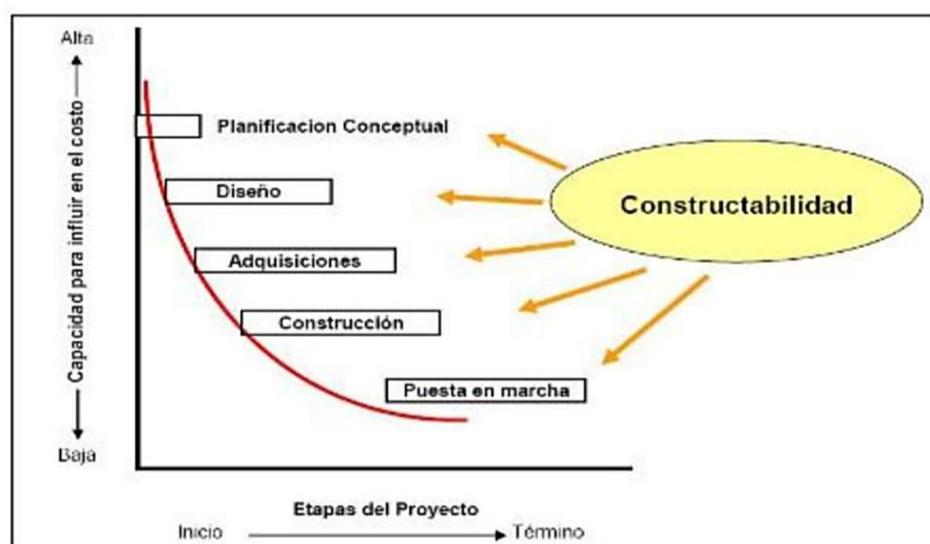


Figura 10: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

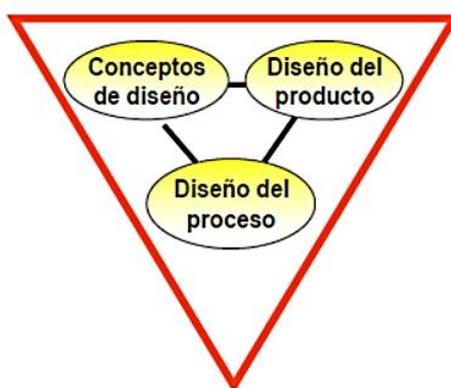
La constructabilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la compleja interacción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino que intenta ser un sistema por el cual se busca la facilidad constructiva y la calidad del producto resultante en las decisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto y los objetivos del mismos, Por lo tanto, la constructabilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento

(instalaciones, reposición de materiales, acabados etc.) con una importancia análoga.

(Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 140)

### 2.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS

El diseño sin pérdidas también se compone por 3 módulos, uno de ellos “Conceptos de diseño” compartido con la fase anterior (Definición del proyecto), y dos más los cuales son el Diseño del Proceso y Diseño del Producto. Esta fase se basa en un diseño del producto de forma simultánea con el diseño del proceso.



*Figura 11: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas*

*Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005*

#### 2.2.3.1. MÓDULOS DE DISEÑO SIN PÉRDIDAS

##### 2.2.3.1.1. CONCEPTO DE DISEÑO

Este módulo ya se trató en la fase anterior

##### 2.2.3.1.2. DISEÑO DE PROCESO

Es la secuencia de pasos y el desarrollo de procedimientos concretos para lograr la fabricación de un producto. En nuestro caso esto implica que los proyectistas además de los conocimientos propios de sus especialidad, conozcan también los procesos constructivos de aquello que están diseñando, de tal manera que sus planos y especificaciones sean los más óptimos para lograr la forma más fácil de construirlos, por

ejemplo (...), un ingeniero estructural al momento de diseñar una subzapata debe conocer todos los detalles que implicará su proceso constructivo, o un ingeniero sanitario debe saber que aquella junta de expansión que está especificando, está disponible en el mercado. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 17)

### 2.2.3.1.3. DISEÑO DE PRODUCTO

Es el paso previo a la producción y consiste en estructurar coordinadamente las diferentes actividades de los diseñadores para obtener como resultado, un conjunto de especificaciones que nos digan como va a ser el producto. En nuestro caso, es la ingeniería de detalle expresada en los planos y especificaciones de las diferentes especialidades, que nos describen las características técnicas de como será la edificación. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 17)

### 2.2.3.2. PROCESOS DE UN DISEÑO SIN PÉRDIDAS

Según el Lean Construcción Institute los pasos recomendados son:



*Figura 12: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas*

*Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005*

- Organizar equipos multidisciplinarios- Esto implica evitar que los proyectistas trabajen aisladamente, diseñando los planos de su especialidad sin tener en cuenta su relación con los demás integrantes del equipo, para esto es necesario comprometerlos a tomar decisiones e interactuar en diferentes etapas y direcciones.

- Contemplar múltiples alternativas-En este paso, la base es la innovación, esto implica que el equipo busque y encuentre las oportunidades de proponer nuevas alternativas que generen valor a los clientes y beneficios a la empresa. Para esto es necesario que el equipo comparta su información y evite la costumbre de decidir por la única alternativa, por la más conocida o por la de siempre, esto es muy cómodo y frecuente, en esta etapa es necesario tener en cuenta que los re-trabajos que hubiera que hacer por el hecho de considerar una nueva alternativa, no deben ser considerados como “perdida” sino todo lo contrario. La decisión final debe tomar el tiempo necesario para ser muy bien evaluada y debe ser hecha en el último momento posible.
- Trabajar en forma Estructurada-El trabajo estructurado implica la consideración de todas las etapas e involucrados en el proyecto, tales como la logística, las compras, la construcción, los fabricantes, los instaladores, los usuarios, etc., por lo que es necesaria la presencia de un coordinador y la existencia de una especie de protocolo entre los involucrados, de tal manera que el diseño del producto se haga conjuntamente con el diseño del proceso.
- Minimizar las iteraciones negativas- Como ya hemos dicho, no todo re-trabajo en la etapa de diseño es una iteración negativa, por ejemplo, si volvemos a revisar los detalles de una losa baja con el ingeniero estructural con la finalidad de optimizar su espesor, porque hemos optimizado el paso de las tuberías de desagüe y esto implica un recalcu, este re-trabajo no sería una iteración negativa, pero si tenemos que reajustar los ejes de todos los planos porque cuando ya estaban listos recién se nos ocurrió chequear los linderos del terreno, esa si es una iteración negativa y esas son las que se deben de evitar.

- Usar el sistema del Último Planificador-Al igual que en la etapa de obra, el último planificador puede ser el residente o el maestro de obra, en el diseño puede ser el coordinador del proyecto, este por ejemplo puede haber previsto que no se inicie el anteproyecto mientras no se tenga el certificado de parámetros urbanísticos, el cual debería haber salido en tal fecha, a partir de la cual, el arquitecto dispondría de 10 días para entregar el primer anteproyecto al ingeniero estructural.
- Usar tecnologías que faciliten el Diseño “Lean”-Actualmente están cada vez más disponibles diferentes tecnologías de información que nos permiten visualizaciones en 3D y 4D, o en general el uso de cualquier sistema y tecnología de información a través del internet. El usar estas tecnologías nos facilitarán la posibilidad de conseguir con mayor eficacia el Diseño “Lean”. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 18)
- En esta investigación se toma como principal herramienta tecnológica la tecnología BIM, la cual se profundiza en los siguientes items.

#### **2.2.4. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)**

Las siglas BIM provienen del conjunto de palabras en inglés que significan “Building Information Modeling” y son la base de una metodología que envuelve todo aquello que pueda ser construido (Build) en un proceso de modelado tridimensional durante su ciclo de vida. Lo definimos así porque crea y administra toda la información (Information) de un proyecto en un modelo virtual único (Modeling) donde todos los agentes implicados trabajan de manera colaborativa.

Según (GrantThornnton, 2018): *“La metodología BIM está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y las infraestructuras”* (pág.4).

Los agentes implicados en una construcción se ven envueltos en el proceso colaborativo de diseño desde el inicio del proyecto, lo que permite establecer responsabilidades, trazar acuerdos y decisiones, identificar errores de manera anticipada y minimizar el riesgo final por falta de coordinación.

Además, *“Entre todos los valores positivos que demuestra esta metodología, la coordinación de la documentación generada en todas las fases de proyecto asegura la fiabilidad de la información que se va creando durante la construcción del activo. Esta coordinación sería mucho más difícil sin los estándares de interoperabilidad que maneja la metodología BIM, que permiten trabajar con formatos de archivo comunes, independientemente del software que se utilice”* (GrantThornnton, 2018, pág. 4)

#### **2.2.4.1. LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES DEL BIM**

En una plataforma BIM, desde el principio, el proyecto se crea en 3D. Las paredes, por ejemplo, se crean como volúmenes. Entonces, se puede asociar de manera inmediata los materiales que componen esta pared. En paralelo con el dibujo del proyecto y su creación, es posible conocer la cantidad de ladrillo, el volumen de mortero y del área de pintura que estas paredes consumen. Si se añade un costo a estos materiales, se crea de manera simultánea el presupuesto del proyecto. (Molinare, 2012, pág. 1)

#### **DIBUJO TÉCNICO**

Otro aspecto muy interesante es que mientras se diseña un proyecto y se configuran sus componentes, el dibujo técnico se preparando en paralelo. Los materiales

que componen los elementos de diseño tienen propiedades gráficas que se mostrarán automáticamente en diversas formas, ya sea en las vistas de planta, sección y elevación. Dado que las diversas vistas se crean a partir de un modelo único, hay una reducción significativa en los errores de diseño, tales como una discrepancia entre una planta y un corte. Después de completar el modelo, si todos los materiales han sido correctamente asociados, la presentación del proyecto se puede complementar con perspectivas creadas dentro del propio programa, sin la necesidad de migración entre plataformas. (Molinare, 2012, pág. 2)

### **UNA SOLA PLATAFORMA PARA TODAS LAS ARISTAS DE UN PROYECTO**

En una secuencia ideal de trabajo, para aprovechar todo el potencial del proceso BIM, después de que el diseño arquitectónico ha sido aprobado, entran en juego una serie de profesionales que van a crear otros proyectos, también utilizando la plataforma BIM. El Revit, por ejemplo, producido por Autodesk, tiene tres modos de proyectos: Architecture, para proyectos de arquitectura; Structure, para el proyecto estructural; MEP, para proyecto eléctrico, hidráulicos y equipos mecánicos. En este escenario ideal, cada profesional pone en marcha su proyecto, también en 3D, sobre el modelo de diseño arquitectónico. Se obtienen de esta forma todas las instalaciones y especialidades en un modelo de proyecto único. Con eso en la mano puede, por ejemplo, comprobar la interferencia del aparato de aire acondicionado con el sistema estructural, y en el caso de coincidencia también se propone las soluciones en la etapa de diseño, teniendo menos problemas para en la obra. Incluso, hay herramientas que comprueban de forma automática las interferencias entre estos proyectos, así, la computadora no deja pasar nada de lo que algunos profesionales pudieron no haber notado. (Molinare, 2012, pág. 2)

## DEL 3D AL 2D

Otro aspecto importante, es el de saber equilibrar aquello que tiene que ser modelado en 3D y lo que puede ser detallado con las herramientas de dibujo en 2D. No es necesario modelar cada perno, ya que se puede crear una vista del detalle a una mayor escala de las partes necesarias del proyecto. Así mismo tampoco es necesario modelar cada pieza de cerámica de un piso. Se puede crear una tabla vinculada, que automáticamente multiplica la superficie por el número de piezas necesarias para cada metro cuadrado de revestimiento de piso. En este artículo he tratado de presentar algunas de las ventajas que el uso de BIM puede proporcionar. Sin embargo, al ser un proceso complejo, se requiere una gran cantidad de tiempo, pero sin duda sus ventajas para los profesionales compensan aquella inversión. Dado a que es una plataforma creada específicamente para el proyecto, se incluyen muchas herramientas que dirigen el diseño del edificio en un solo programa, sin necesidad de hacer la transición entre los distintos softwares informáticos. Dentro de un mismo programa es posible estudiar los volúmenes del proyecto, crear dibujos técnicos, hacer tablas cuantitativas, crear detalles y hacer una presentación con perspectivas. (Molinare, 2012, pág. 4)

### 2.2.4.2. LA METODOLOGÍA BIM

BIM es un nuevo avance tecnológico al diseño, construcción y gestión de las obras. Es de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la perspectiva en la que se ven los edificios, cómo estos trabajan y la forma del proceso constructivo. (Choclán Gámez, 2014) afirma: *“En el sector de la construcción, la incompatibilidad entre los sistemas generalmente impide que los miembros del grupo de trabajo puedan intercambiar la información de forma más precisa y rápida; este factor es la causa de un gran número de problemas en el proyecto generando el aumento de costos y plazos de estos”* (pág.6). A su vez (Choclán Gámez, 2014) menciona: *“La adopción del sistema*

BIM y el uso de sus modelos digitales durante todo el ciclo de vida de la obra supone un paso en la buena orientación para la eliminación de costos de una incorrecta interoperabilidad de información”. Al respecto (Teicholz, 2013) Se deben sumar nuevos procesos y adaptar los existentes; es fundamental entender que no solo se define como una nueva tecnología o la evolución de la ya existente, se define como un nuevo proceso de trabajo mejorado”(pág.20).

2.2.4.3. LINEAMIENTOS DEL BIM

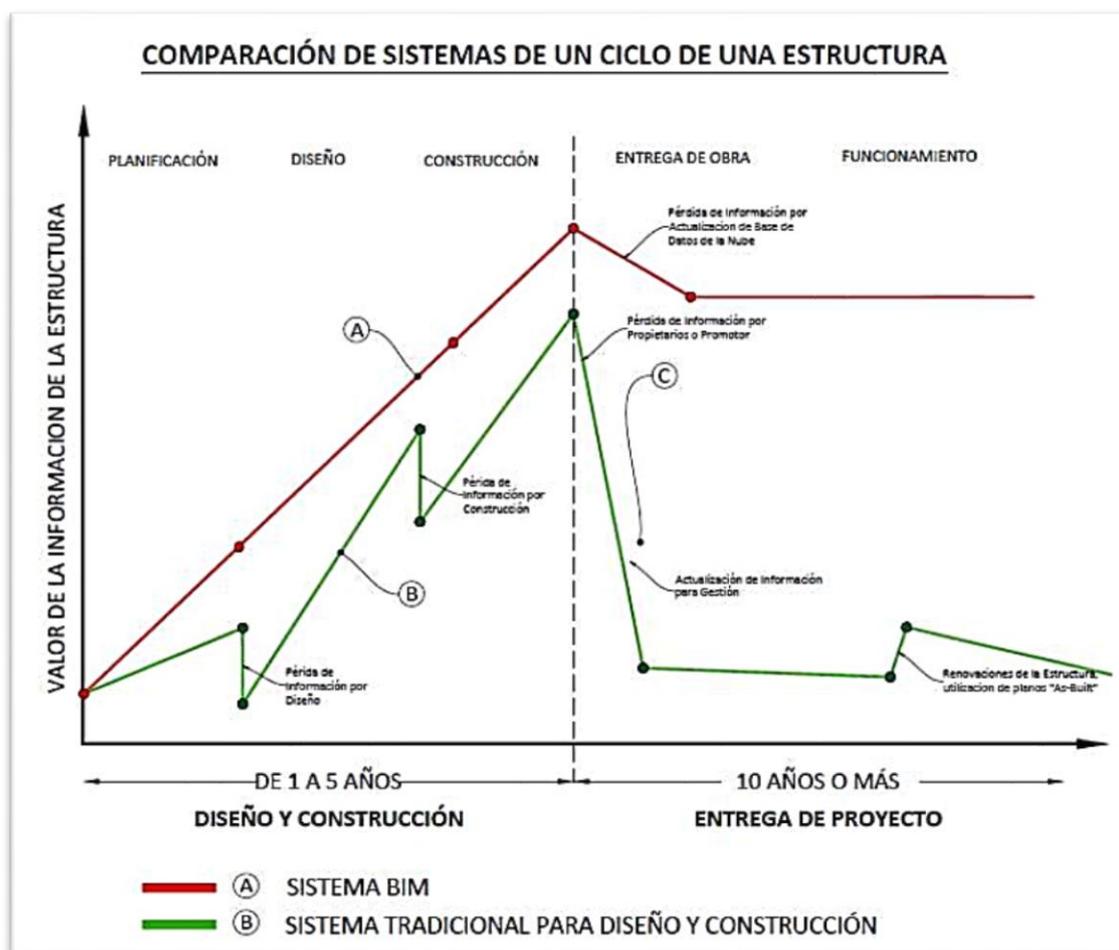


Figura 13: Comparación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de una estructura, con los dos sistemas

Fuente: Pacheco Borja, 2017

El objetivo fundamental del BIM es evitar la pérdida de información a lo largo del ciclo del proyecto, con el método tradicional, y que obliga a un mayor esfuerzo de

producción en la cantidad de información en las distintas fases del proyecto. Este resultado de aplicación del sistema BIM en el valor de la información se puede ver de manera clara en la figura 13.

El proceso de los trabajos en el sistema BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información versus la falla y pérdida de información en el sistema tradicional. Para el desarrollo de esta premisa de no perder el valor de la información, se requiere un cambio en el proceso de toma de decisiones, donde la afectación sea beneficiosa en el costo final de un proyecto. (Gámez, 2014, pág 5)

#### **2.2.4.4. BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS**

El uso de BIM contribuye a facilitar la definición de los requisitos de proyecto y su aceptación como bases del diseño, ejecución y explotación de los distintos intervinientes.

BIM puede usarse en estudios previos de planeamiento, mediante modelos volumétricos que permiten estudiar la viabilidad de los proyectos aunando información relativa al programa funcional, los sistemas constructivos, su coste y el análisis de su ciclo de vida.

#### **2.2.4.5. BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE PROYECTOS**

- El uso de BIM facilita la comunicación entre los agentes que intervienen (diferentes disciplinas del diseño, cliente, otras partes interesadas), haciendo que la información sea más accesible y transparente y esté siempre actualizada.
- Permite y facilita la toma temprana de decisiones, priorizándolas en función del valor que aportan o de las restricciones de diseño del proyecto. La toma temprana

de decisiones producirá una reducción del esfuerzo en retrabajos y, por tanto, una optimización en términos de coste.

- Facilita la participación en la fase de diseño a los futuros responsables de fases posteriores, construcción, mantenimiento y explotación, lo que conlleva una optimización de su futura intervención.
- La incorporación de estos agentes permite la toma de decisiones en fase de diseño, en aquel momento en el que se puede controlar de forma más eficiente el coste de las fases posteriores.
- Mejora la comunicación entre agentes y reduce las incoherencias entre disciplinas, mejorando la calidad final del producto.
- Contribuye a la automatización de procesos, entre otros, la generación de entregables con la consiguiente reducción en los tiempos de realización del diseño.
- Permite analizar la constructabilidad y simular la construcción de las soluciones diseñadas, reduciendo riesgos e incertidumbre para las fases posteriores.
- Incrementa la calidad de los proyectos con la posibilidad de realizar auditorías en cualquier momento de su ejecución.
- Permite un mayor control del coste (5D) de construcción y mantenimiento.

#### **2.2.4.6. TECNOLOGÍAS BIM EN EL PERÚ Y EL MUNDO**

##### **2.2.4.6.1. TECNOLOGÍA BIM EN EL MUNDO**

En su investigación (McGraw Hill Construction, 2013) menciona que: *“La Tecnología para el modelado de Edificios BIM, fue inicialmente desarrollado en Europa, y se viene desarrollando aceleradamente, por empresas privadas y gobiernos. Sólo en EEUU entre el 2007 y 2012 la adopción del BIM ha subido del 28% al 71%”* (pág.6).



Figura 14: Tiempo de Utilización de BIM según Regiones

Fuente: McGraw Hill Construction, 2013

En la siguiente imagen se observa el incremento de uso de BIM en diferentes países del mundo.

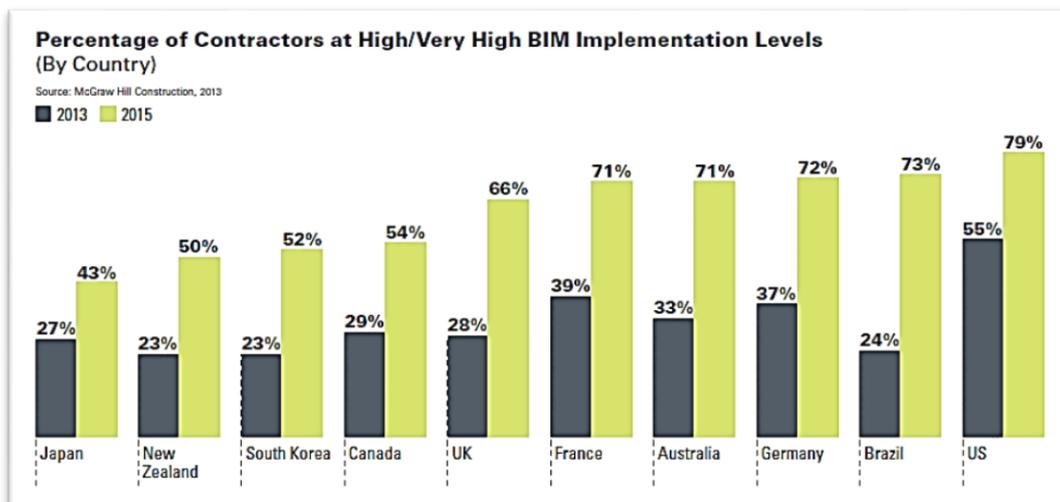


Figura 15: Aumento porcentual de implementación de BIM del 2013 al 2015

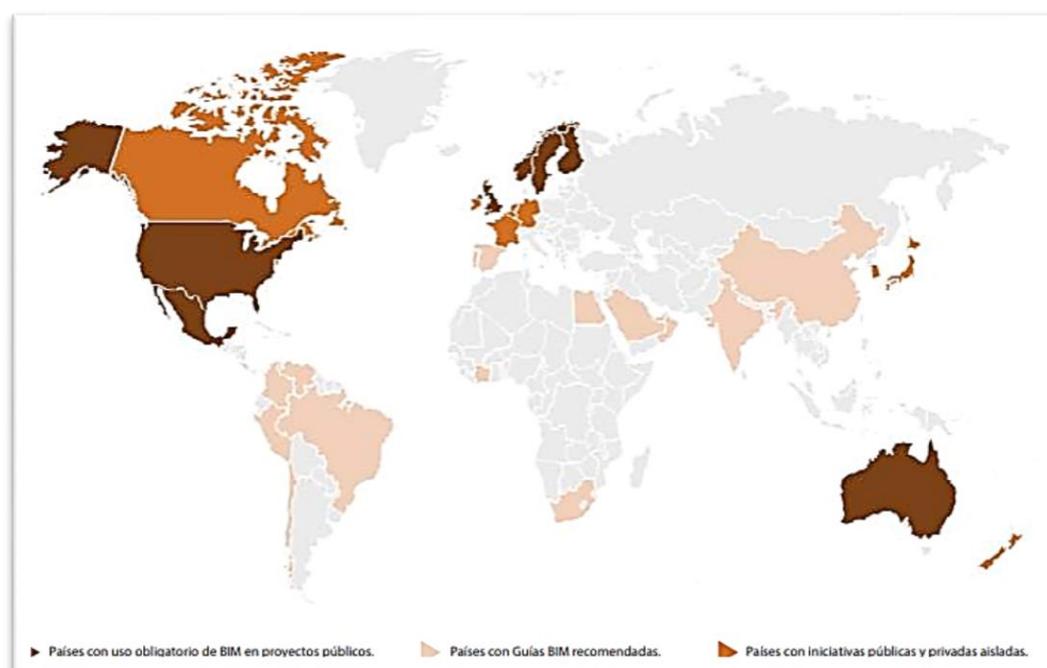
Fuente: McGraw Hill Construction, 2013

El estimado de Implementación Alto de BIM para el 2015 supera en la mayoría de países el 50%, que nos muestra el futuro y la importancia de BIM en los próximos años.

En Europa ya se viene formalizando una hoja de ruta gubernamental con el fin de implantar de forma progresiva el uso de BIM en la realización, ejecución y mantenimiento de proyectos.

En países donde es más frecuente el uso de BIM, se empezó a generalizar el uso de esta tecnología en la explotación de las edificaciones públicas, con el fin de conseguir su optimización.

El Colegio Oficial y Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid (COAIN, 2016) en su revista mensual afirma: “En el Reino Unido su empleo es obligatorio y en Alemania lo será en 2020 para infraestructuras de transporte y otras aplicaciones”(pag.5).



*Figura 16: Mapa que muestra países con uso obligatorio de BIM en proyectos públicos*

*Fuente: López, 2016*

En algunos países, como EEUU, UK y Finlandia, el BIM se combina con sistemas de contratación colaborativos que permiten compartir riesgos y beneficios y que maximizan sus ventajas.

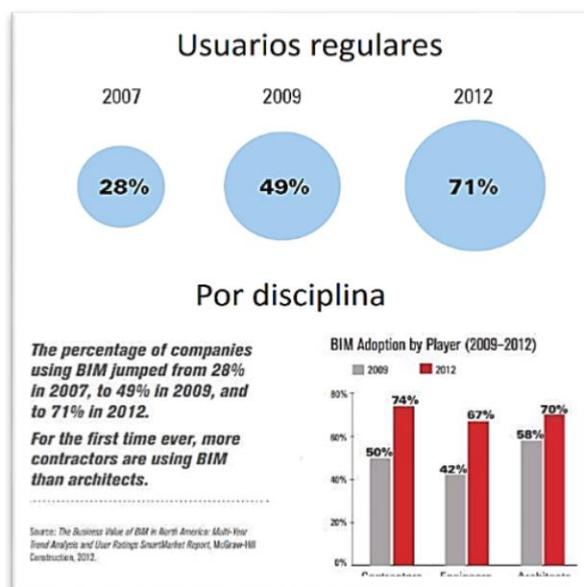


Figura 17: Niveles de adopción de BIM en USA

Fuente: McGraw Hill Construction, 2012

#### 2.2.4.6.2. TECNOLOGÍA BIM EN LATINOAMÉRICA

Al respecto (Pacheco, 2015) comenta:

A falta de la información necesaria e involucramiento en las políticas de las empresas públicas, privadas y entidades gubernamentales, la adopción del BIM en Latinoamérica aún no es una realidad concreta. Sin embargo, ya existen iniciativas para la difusión y adopción de éstas tecnologías, siendo los realizados en Chile uno de los casos más resaltantes.

En Chile, la Cámara Chilena de la Construcción (el similar de Capeco en el Perú) desde el año 2007 viene asumiendo el liderazgo para romper la barrera del desconocimiento, promoviendo la difusión del uso del BIM por medio de charlas dictadas gratuitamente. Tres años después, el mismo gobierno aprobó con financiamiento una política de “Implementación y promoción de la tecnología BIM en Chile”, a cargo de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) y de siete importantes constructoras de ese país. (pag.38)



Figura 18: Diagnóstico de la situación actual de formación de capital humano de BIM en Chile

Fuente: CORFO, 2016

Según la Encuesta Nacional BIM 2016 de Chile el uso de BIM es transversal a todo tipo de proyectos, destacándose los edificios menores a 250 m<sup>2</sup> como el caso de uso más frecuente entre usuarios regulares y ocasionales (51%).

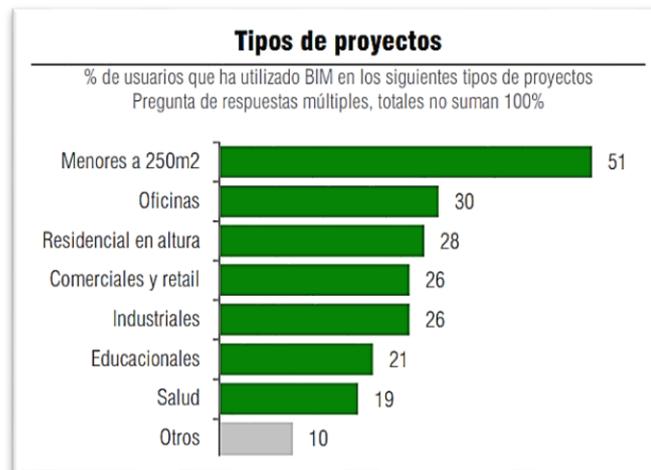


Figura 19: Porcentaje de usuarios que utilizaron BIM para diferentes tipos de proyectos

Fuente: Uchilefau, 2016

### 2.2.4.6.3. TECNOLOGÍA BIM EN PERÚ

En el Perú, el uso del BIM aún es limitado y no se cuenta con estadísticas de su implementación. Sin embargo, se viene empleado y tomando impulso en renombradas constructoras en el Perú como son Graña y Montero, AESA, MARCAN, COSAPI, JJC, QUIMERA, ODEBRECHT, IMCO, FIMA Y EL PORTILLO; debido a ello la Cámara Peruana de la Construcción ha conformado el comité BIM.

Diversos factores humanos, como la falta de información a tiempo, incompatibilidades, demora en las respuestas a los RFIs y la mala interpretación de la documentación, hacen que actualmente se genere un sobrecosto en los proyectos de construcción, originando así muchas deficiencias en la comunicación entre los diversos actores del proyecto (cliente, proyectistas y constructor). Motivados por brindarle la mejor solución a esta problemática, destacados profesionales ligados al sector construcción deciden conformar el Comité BIM del Perú, con respaldo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), que tiene como objetivo principal difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación BIM para lograr uniformidad y calidad en el sector construcción nacional. De esta forma, las ventajas de migrar al diseño BIM permitirían al Perú competir con países de Latinoamérica en la carrera de edificaciones más grandes, más eco-amigables y de menores desperdicios en el mundo. (CAPECO, 2013, pág. 1)

El comité BIM es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo. Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas,

experiencias y resultados de la aplicación del BIM, promover las capacitaciones de herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados. A su vez, el Comité BIM, ha preparado una serie de documentos denominados Protocolos BIM que serán usados como la base para el desarrollo de Proyectos utilizando esta Metodología

El Comité BIM en el Perú tiene como objetivo (CAPECO, 2013, pág. 1): *“Liderar el cambio de paradigma de los profesionales en los proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción con un crecimiento ordenado y responsable, recopilar las iniciativas y resultados reales de BIM en el Perú, consolidar las experiencias y promover la difusión de las buenas prácticas en la gestión y el uso de Herramientas BIM.”*

#### **2.2.4.6.4. TECNOLOGÍA BIM EN LA REGIÓN PUNO**

En nuestra región, existe una escasa información y, por consiguiente, adopción de BIM. Si bien es cierto los profesionales implicados en las etapas de diseño y ejecución presentan un conocimiento en ciertas áreas de aplicación, este es de carácter enfocado y con intenciones de aprovechamiento personal, es decir, de acuerdo a la necesidad de aplicación; en consecuencia, se desconoce las potencialidades globales que BIM ofrece como una metodología de gestión y manejo de proyectos. (Calle, 2018, pág.33)

Por otra parte, Vilca (2014) en su tesis para optar el grado académico de Ingeniero Civil titulado “Optimización de costos y tiempos en la gestión de proyectos de ingeniería utilizando la Tecnología BIM (Building Information Model-Modelado de Información para edificaciones) aplicado al “Centro de Educación Continua UNA-Puno” evidenció resultados positivos al aplicar la tecnología BIM en el proyecto mencionado, concluyéndose que:

Sus herramientas han sido muy útiles y necesarias por lo que agiliza en todos los sentidos los resultados esperados, optimiza los recursos porque el único encargado es el especialista dejando de lado a los dibujantes y metristas asistentes que tienden a cometer errores y hacen mucho uso del recurso tiempo, los tiempos se reducen por el mismo hecho de que ofrece herramientas puntuales, de fácil manejo y que se adaptan a las necesidades, por lo que se ha cumplido con los objetivos planteados. (Vilca, 2014, pág.166)

A su vez, el resultado obtenido mediante la implementación de la tecnología BIM en el modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”:

La propuesta metodológica diseñada, en su aplicación, mejoró la productividad de diseño generando mayor documentación AS-BUILT entregada al cliente en el Dossier de Calidad (Anexo M: Tabla M.4) que demostraron mejoría en la calidad de diseño al superar el análisis con una escala de calidad mejorada y al evidenciar satisfacción, apreciación y valoración positiva en los diagramas analizados en el ítem 4.3.5. Además, optimizó el costo y tiempo de ejecución con una diferencia positiva de US\$ 6422.60 (Tabla N°28) exonerada de utilidades, costos directos e indirectos; y con un porcentaje adelantado de ejecución de carácter permanente por 9 semanas, cumpliéndose el plazo establecido sin necesidad de ampliaciones de obra de acuerdo a la Figura N° 38: curva “S” del proyecto. (Calle, 2018, pág.143)

De todas formas, queda claro que el uso del BIM, como afirma Alcántara (2013): *“Aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto”* (pág. 19).

## **2.2.4.7. SOFWARES BIM PARA ARQUITECTURA**

### **2.2.4.7.1. BIM EN SKETCHUP**

Si nos centramos en el software, podemos considerar como BIM un programa que, entre otras cosas, parametriza los elementos con los que trabaja y que asocia la geometría que se nos muestra en pantalla a metadatos como el tipo de elemento (pilar, cerramiento, forjado, etc.) o su material (hormigón, vidrio, acero, etc.).

Gracias a esta forma de trabajar, diseño, gestión y visualización 3D del modelo se realiza a la vez y en paralelo, lo que permite ahorrar (mucho) tiempo y aumentar nuestra eficiencia.

Desde hace algunos años, SketchUp ha encaminado sus pasos hacia la creación de herramientas BIM y a mejorar la compatibilidad de archivos. Esto se ha materializado en dos de las novedades que traen las últimas versiones de SketchUp.

### **CLASIFICADOR BIM**

Gracias al clasificador BIM, podemos etiquetar la geometría como muros, losas, tejados o cualquier tipo de objeto estándar del sector, de forma que los metadatos correspondientes se integran al instante en el modelo.

### **IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS IFC**

IFC son las siglas de “Industry Foundation Classes” y es un formato de archivo de metadatos abierto. Se creó con el objetivo de llegar a convertirse en un formato común para distintos programas de arquitectura, ingeniería y construcción. Actualmente, es uno de los formatos adoptados por Building Smart como estándar.

#### 2.2.4.7.2. BIM EN LUMION

La interoperabilidad del software es uno de los impulsores clave de un enfoque BIM efectivo. Lumion hace su contribución con la capacidad de importar y administrar actualizaciones y cambios de diseño, con tipos de archivos de datos 3D que incluyen .dae, .fbx y .SKP y muchos otros. Incluyendo Revit, Sketchup, ArchiCAD, (gracias al plugin directo con lumion) o Allplan, Vectorworks, Microstation, etc

Lumion gestiona de forma lineal y sencilla la importación y reimportación de modelos actualizados desde casi cualquier software BIM o software de modelado 3D.

La introducción de MyLumion.com, por ejemplo, ha definido un paso más para ayudar a los arquitectos a respetar los fundamentos del método BIM. Esta función le permite visualizar modelos 3D contextualizados en sus respectivos entornos gracias a una simple publicación en la nube. Cualquier persona puede acceder y ver panoramas 3D en línea con cualquier dispositivo desde cualquier lugar con conexión a Internet. desde un sitio de construcción con un teléfono móvil o tableta simplemente seleccionando el enlace que mylumion.com produce automáticamente.

Es fácil imaginar un proceso de colaboración rápido y efectivo a partir de un modelo en Revit (por ejemplo), cargándolo en Lumion y definiendo la contextualización de una escena realista. Los diseñadores podrían ofrecer respuestas de inmediato, de modo que el ciclo de iteración de diseño / visualización sea completo y no destructivo.

Una segunda iteración sería suficiente gracias al simple clic en el botón de recarga en Lumion y omitir la fase de recreación y regeneración de la escena del proyecto. Por lo tanto, después de un cambio en Revit en la oficina, un cliente podría actualizar y mostrar el resultado en su dispositivo móvil.

## **LA CONTRIBUCIÓN DE LUMION A LA METODOLOGÍA BIM.**

Dada la actual fase de implementación de BIM en el mundo, Lumion está haciendo todo lo posible para contribuir a la interoperabilidad. El intercambio de datos y la comunicación para el diseño de la comunicación se convierten en parte del marco general que BIM está intentando optimizar en los diversos procesos de implementación.

### **2.2.4.8. SOFWARES BIM PARA INGENIERÍA**

#### **2.2.4.8.1. BIM EN REVIT STRUCTURE**

Revit Structure es el software para modelación estructural, que brinda modelación física y analítica para hacer diseños, coordinación y documentación, como también enlaces bi-direccionales a aplicaciones de análisis que son líderes en la industria.

Una vez que el modelo desarrollado por el arquitecto se da por concluido, o por lo menos lo suficientemente desarrollado para pasar al cálculo estructural, este modelo se hace llegar al encargado de dicho cálculo, que tendrá que modelar la estructura en base a la arquitectura pero dentro de su propio proyecto, creando así modelos distintos que al final se van a combinar en el archivo de coordinación, en el que se analizarán todas los conflictos y problemas que puedan surgir en la fase de construcción.

Los programas de cálculo de estructuras que tienen estándar BIM, podrán de alguna manera, leer y traducir, los archivos IFC para poder introducir estos datos, calcular y reintroducir dentro del modelo los resultados estructurales que nos propongan.

Revit nos va a permitir modelar la estructura como volúmenes, de cualquier material estructural, tanto sea hormigón armado o prefabricado, estructuras metálicas, de madera, etc y por último en el caso del hormigón armado podremos modelar las barras de

acero que dicho hormigón contenga, pero como hemos dicho nunca como resultado de cálculo.

El programa nos va a permitir introducir cargas, comprobar geometrías, para que la transición a cualquier programa de cálculo sea lo más limpia posible. Es evidente que el programa de cálculo de estructuras que mayor compatibilidad tiene con Revit, será Robot Structural Analysis, programa de la misma casa Autodesk, pero con versión en estándar de cálculo americano.

Se puede modelar desde el borrador o sobre archivos 2D CAD hechos por el arquitecto. O, para tener una coordinación aún más poderosa, puede hacer enlace directamente a modelos arquitectónicos 3D inteligentes desde los softwares AutoCAD Architecture o Revit Architecture.

Los resultados del análisis actualizan su modelo Revit Structure con precisión, mientras que la tecnología de manejo de cambios paramétricos coordina esas actualizaciones en cualquier parte de su diseño y documentación. El resultado final: El modelo de integración incrementa la eficiencia, mejora la precisión, y moderniza la coordinación con su equipo de diseño.

Los diseñadores de estructuras pueden crear el modelo, y los ingenieros o arquitectos especializados lo pueden completar agregando elementos de carga y combinaciones de ella, estableciendo condiciones para la presentación y funciones importantes antes de realizar el análisis. Otra forma de trabajo puede ser aquella en que los ingenieros estructurales construyen por sí mismos los modelos físicos, y luego continúan el proceso de análisis, mientras que los dibujantes completan los documentos de la construcción. Revit Structure simplifica la creación de los dibujos estructurales generando automáticamente dibujos y programas directamente desde el modelo físico.

#### 2.2.4.8.2. BIM EN SAP2000

SAP2000 es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). El origen de su nombre viene de sus siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

SAP2000 nos permite realizar:

- Análisis lineal
- Análisis dinámico por espectros de respuesta
- Cargas Móviles
- Análisis en el dominio de la frecuencia
- Elementos de barra, shell (cáscara) y sólido
- Dimensionamiento de hormigón, verificación de estructuras metálicas y dimensionamiento de armadura para elementos Shell
- Módulo de pretensado, totalmente integrado, para introducción de los cables de pretensado conectados a todo tipo de elemento y cálculo automático de pérdidas instantáneas
- Posibilidad de considerar los efectos geoméricamente no lineales de PDelta (Es un análisis no lineal que toma en cuenta la deformación inicial de una estructura al someterla a las cargas consideradas. Al sufrir deformaciones, las fuerzas originales actuando sobre la estructura deformada genera excentricidades y por lo tanto momentos y torsiones adicionales) en cargas estáticas y dinámicas
- Generación automática de mallas de elementos finitos, con elementos de 4 nudos

## INTERCAMBIO REVIT STRUCTURE CON SAP2000

Para realizar el intercambio es necesario el uso del plugin de comunicación entre Revit Structures y SAP2000 v19.

Una vez creado el modelo en Revit Structures y ajustado el modelo analítico (que es el que realmente se exporta), el plugin CSIxRevit para SAP2000 solo deja la opción de exportar el modelo de Revit a SAP o de SAP a Revit, pero NO deja la actualización de un modelo ya exportado. Esto implica que tras la primera modificación los dos modelos ya no son iguales.

Se exporta desde Revit un archivo de extensión. exr que debe ser importado una vez abierto SAP2000. El modelo importado tiene bastantes deficiencias; desaparecen los huecos de losas y muros y alguna pieza se descoloca.

El proceso de importación incluye un proceso de mapeado de secciones en el que se comparan las secciones de Revit con la base de datos de secciones de SAP (en este caso la de la AISC norteamericana). Las secciones de hormigón por tanto no han sido reconocidas.

La exportación desde SAP como se ha comentado obliga a que sea un modelo nuevo, nunca modificar el existente.

### 2.2.5 LAST PLANNER

La metodología Last Planner System se basa en la filosofía “Lean Production” desarrollada por *Herman Glenn Ballard* y *Gregory A. Howell*, en la cual los autores indican que:

- El sistema busca incrementar la fiabilidad de la planificación y por consecuencia mejorar los desempeños.

- El sistema trabaja en base a restricciones, es decir todas las actividades tienen dificultades para poder ser realizadas, mientras más restricciones se liberen, más actividades pueden ser ejecutadas.
- El sistema entrega herramientas de planificación y control efectivas para proyectos complejos, inciertos y/o rápidos.
- El sistema está diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes.
- El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación.
- La esencia de este sistema es trabajar directamente con el último planificador, el cual puede ser: capataz, jefe de obra, supervisor, subcontratista, administrador de terreno, entre otros.
- El último planificador es quien define lo que será realizado y quien realizará el trabajo.

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico que soporta Last Planner® es realmente sencillo. Su principio básico se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades de construcción mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación.

El proceso de planificación con Last Planner debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”, así mayor será la posibilidad de un avance real, ya que, el avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que “puede” ejecutarse es baja. Para evitar esto, los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en liberar restricciones que

impidan que la tarea puede iniciar o continuar. De esta forma se agranda el conjunto “puede” aumentando las opciones de avance.



Figura 20: Sistema de trabajo de Last Planner

Fuente: Rodríguez, Alarcón y Pellizer, 2011

Cuando las actividades por algún motivo no fueron realizadas, se tiene que indagar los motivos por el cual no pudieron ser completadas, para eso se buscan las causas de no cumplimiento, ya que estos son los primeros pasos para generar una mejora.

Lo que realmente entrega la mejora es dar acción correctiva al problema que permita generar un flujo de trabajo continuo, es decir, definir que actividades o estrategias se van a hacer para realizar la actividad no cumplida.

### IMPLEMENTACIÓN

La implementación de Last Planner® es muy sencilla pero requiere de un estricto cumplimiento. Esta consiste en general en crear planificaciones intermedias y semanales,

enmarcadas dentro de la programación inicial o plan maestro del proyecto, analizando las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades. Estas tres planificaciones forman una especie de pirámide (Fig. 21) en donde la base que la sustenta es el plan maestro.

En la determinación de los planes deben participar el equipo de trabajo del proyecto. Cada uno de los miembros debe contribuir a que los planes sean congruentes entre sí.

El plan maestro cubre todas las actividades de construcción del proyecto; desde su inicio hasta su terminación. El plan intermedio se obtiene del plan maestro y puede realizar para un plazo de 3 meses. Cuando se ejecute el primer plan intermedio, se debe crear otro para las actividades del próximo trimestre, y así sucesivamente hasta terminar la obra. El plan semanal se determina con base en el plan intermedio. Este plan contiene las actividades que se ejecutarán cada semana.



*Figura 21. Esquema de los planes necesarios en el proyecto*

*Fuente: Díaz, 2007*

Un paso de estricto cumplimiento en el desarrollo de cada uno de los planes, es la revisión de las restricciones para su realización. Cada plan debe estudiarse cuidadosamente con el fin de determinar si existe restricción para su cumplimiento. Una actividad no debe ser planeada si existe una restricción para realizarla. Cada proyecto

tiene restricciones particulares; no obstante, las principales son: Falta de diseños, materiales, mano de obra, equipos y actividades previas sin realizar.

A continuación, se muestra el flujo de la metodología Last Planner System, donde ITE es Inventario de Trabajo Ejecutable



Figura 22: Flujo de la metodología Last Planner System

Fuente: Díaz, 2007

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. POBLACIÓN:

Proyectos de inversión

##### 3.1.2. MUESTRA:

Proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno”

#### 3.2. MÉTODOS

##### 3.2.1. REVISIÓN TEÓRICA Y CAPACITACIÓN LEAN-BIM

###### A) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CAPACITACIÓN LEAN

El Lean Construction, como ya se explicó en los anteriores ítems, está basado en la gestión de proyectos de construcción y sigue los principios de la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final. Para la implementación de Lean Construction, el cual engloba a Lean Design, debemos entender que Lean es una filosofía, es decir una forma de pensar y ver la gestión en un proyecto, pero que a su vez se plasma en herramientas, un sistema de gestión o procesos concretos.

Lean se caracteriza por su flexibilidad en los procesos y sistemas que usa, pero es muy sólida en su filosofía, de esta manera se entiende que cualquier persona puede crear herramientas acordes a la filosofía Lean, es por ello que en la actualidad existen una diversidad de herramientas Lean.

En la actualidad en la región Puno se tiene acceso limitado a capacitaciones presenciales sobre la filosofía y herramientas Lean, pero su aplicación en proyectos y la investigación en el tema se ha ido incrementando en los profesionales del sector construcción.

Para la implementación de la filosofía Lean en el proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” ha sido de vital importancia el uso del material virtual proveniente del Lean Construction Institute PERÚ, el cual es una organización sin fines de lucro y que tiene como principal objetivo la implementación de LEAN en la industria de la construcción en el Perú, utilizando principios, fundamentos y prácticas comunes de la filosofía. Este instituto presenta una guía para proyectos Lean y publicaciones de LCI, también desarrolla planes de estudios de capacitación donde abordan temas específicos como Last Planner, Introducción a Lean, Target Value Design, entre otros, muchas de estas capacitaciones y publicaciones se dan también de manera virtual las cuales nos resultaron accesibles. Además de esta organización existen corporaciones en ciudades vecinas como Cusco y Arequipa que brindan capacitaciones virtuales y presenciales en determinadas fechas, de las cuales también se pudo sacar beneficio.

Es así que para la elaboración del expediente técnico “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” fue necesario el estudio y capacitación Lean en los proyectistas de la especialidad de estructuras para luego poder capacitar e involucrar a las demás especialidades de arquitectura e ingeniería eléctricas así como las otras partes conformantes del proyecto, se sabe que la efectividad de la implementación de Lean Design es de arriba hacia abajo, es decir mientras más arriba esté el promotor de la

filosofía es mejor, en este caso de la planificación del expediente técnico mencionado los proyectistas son los directos encargados de la gestión y coordinación del proyecto, ellos deben ser los líderes encargados de motivar a todas las partes componentes del proyecto a realizar un trabajo colaborativo en equipo, conducir todo el proceso de implementación y saber lidiar con la resistencia al cambio

## **B) CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE BIM**

La herramienta virtual que sigue los lineamientos de Lean Design es la tecnología BIM que congrega softwares caracterizados por el uso de información de forma coordinada y colaborativa entre las diversas especialidades referidas a la construcción, en la presente investigación para la fase de diseño del producto se tomó como principal herramienta Lean el software BIM: REVIT, para ello se realizó la respectiva capacitación mediante cursos online de la corporación INNOVA TRAINING CENTER de la ciudad de Arequipa, ya que al igual que el aprendizaje de Lean, las capacitaciones del software Revit, recién se vienen están implementando en los centros de cómputos del departamento de Puno.

### **3.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO (SEGÚN LEAN PROJECT MANAGEMENT)**

#### **3.2.2.1. NECESIDADES Y VALORES**

En esta etapa se analizaron y estudiaron las necesidades y valores de la población beneficiaria(feligreses) y las expectativas de los promotores del proyecto (Representantes del Obispado y Autoridades del Centro Poblado de Alto Puno).

Se estableció un equipo multidisciplinario conformado por los especialistas de cada área involucrada en el proyecto: Arquitectos, ingenieros civiles e ingeniero eléctrico,

así como consultores de cada especialidad, constructores, beneficiarios, entre otros; así se logró crear una plataforma de trabajo colaborativa de inicio a fin del proceso de elaboración del expediente técnico.

Para conseguir resultados óptimos se utilizaron herramientas Lean como son el IPD (Integrated Project Delivey) y la constructabilidad.

El IPD se aplicó mediante reuniones continuas con el equipo integrado, que en una atmósfera de mutuo respeto y tolerancia, eran libres de transmitir sus opiniones durante el desarrollo del proyecto y colaborar juntos e individualmente para lograr el intercambio de información de manera transparente. Cada opinión de los integrantes del equipo fue válida, no habiendo jerarquización a la hora de tomar decisiones. Se consultaron con los agentes que componen el trabajo para analizar las posibles decisiones, llegando a un entendimiento global del grupo de trabajo, en otras palabras, cada decisión tomada era consultada con cada especialidad y llegando a un acuerdo común era validada.



*Figura 23: Reunión de reconocimiento de necesidades y valores con beneficiarios (feligreses)*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 24: Reunión de coordinación con beneficiarios, promotores y equipo proyectista*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 25: Reunión de coordinación entre especialistas de diferentes especialidades*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 26: Reunión de coordinación entre especialistas de ingeniería y arquitectura*

*Fuente: Elaboración propia*

La constructabilidad se aplicó durante la concepción de las propuestas arquitectónicas, estructurales y eléctricas con el objetivo de mejorar la calidad del proyecto y obtener diseños más fáciles y económicos de construir. En ella jugaron un papel importante los Consultores en cada área, aportando con su experiencia y capacidad en la industria de la construcción en las decisiones tomadas para la realización de los diseños en cada área. A su vez, en el área de Costos y Presupuestos, se incluyó la participación de los constructores, a los cuales se les hizo las consultas sobre los materiales existentes en la Región, los procesos constructivos más adecuados y económicos que se puedan optar.



*Figura 27: Reunión de coordinación con promotores, consultores y equipo proyectista*

*Fuente: Elaboración propia*

Para tener un mayor entendimiento de la zona destinada a construcción, se verificó la situación legal del terreno, se realizó un reconocimiento visual del terreno, se verificó que las medidas indicadas en la Escritura correspondan a las encontradas en campo realizando un trazo insitu con yeso y estacas, se constató que no se contaba con servicios sanitarios y eléctricos y se realizó un programa de investigación de suelos con los datos obtenidos en dicho reconocimiento.



*Figura 28: Constatación y delimitación del terreno*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 29: Pruebas insitu para programa de investigación de suelos*

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.2.2.2. CRITERIOS DE DISEÑO**

Para la concepción de las propuestas de ingeniería se utilizaron las normativas vigentes en el país. Los criterios técnicos se basaron en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismoresistente, E.050 Suelos y Cimentaciones, E.060 Concreto Armado, E.090 Estructuras Metálicas, IS.0.10, OS.030), Reglamento de metrados, guías de diseño AISC, entre otros. Los especialistas de las especialidades de Arquitectura e Instalaciones Eléctricas utilizaron las normativas correspondientes a su área.

### 3.2.2.3. CONCEPTOS DE DISEÑO

#### 3.2.2.3.1. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Siguiendo los lineamientos de Lean Design, se trabajó inicialmente con múltiples alternativas de proyecto. Se realizaron dos propuestas de anteproyectos arquitectónicos, los cuales después de ser expuestos a la población beneficiaria (feligreses) y el Obispado fueron sometidos a una elección del proyecto que mejor se acomodaba a las necesidades y valores de la parte usuaria, evitando así modificaciones y retrabajos en etapas posteriores.



Figura 30: Primera propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Elaboración propia



*Figura 31: Segunda propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Elaboración propia*

El diseño arquitectónico de la propuesta elegida fue desarrollado por los Arquitectos encargados, para la mejor comprensión del proyecto se utilizaron programas pertenecientes a la tecnología BIM, como son SKETCHUP para el modelamiento 3D y LUMION para la generación de vistas y el videorrecorrido.

El proyecto arquitectónico presenta tres bloques. El bloque 1 en el cual se encuentra la zona de culto, el bloque 2 que contiene a su vez tres sub bloques a, b y c que contienen a la zona académica, la zona administrativa y la zona residencial respectivamente, y por último el bloque 3 contiene la zona de servicio comunitario. Estos bloques están distribuidos en zona de uso público, semi público y privado. El proyecto tiene dos ingresos principales que se conectan al bloque 1, zona de culto, y dos accesos

secundarios que sirven para acceder al bloque 2 y al bloque 3 zona parroquial y zona de servicios comunitarios respectivamente.



Figura 32: Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

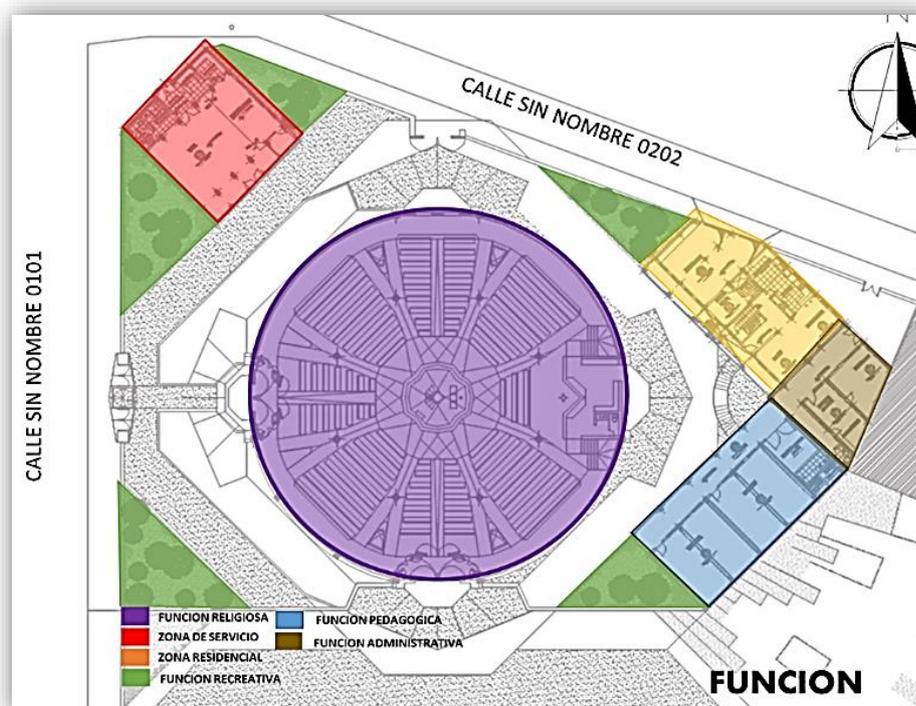


Figura 33: Distribución funcional del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

El bloque 1, zona de culto, está dado por el Templo Niño Salvador del Mundo, esta infraestructura tiene una capacidad de aforo para 500 personas. El bloque tiene tres accesos dos de uso público, de estos uno comunica directamente con una explanada aledaña y el otro con un atrio de ingreso ambos ingresos interiormente dan a un espacio de recepción, nártex, el ultimo acceso es de uso privado, y accede a la sacristía. La distribución del templo es radial teniendo como espacio central al santuario alrededor del cual se disponen ocho naves una de las cuales está destinado simultáneamente a la sacristía, coro y baptisterio, además estas naves van alternándose con áreas destinadas a cuatro nichos y dos confesionarios. La propuesta contempla una circulación radial en haces que conectan el centro con la circulación perimetral.

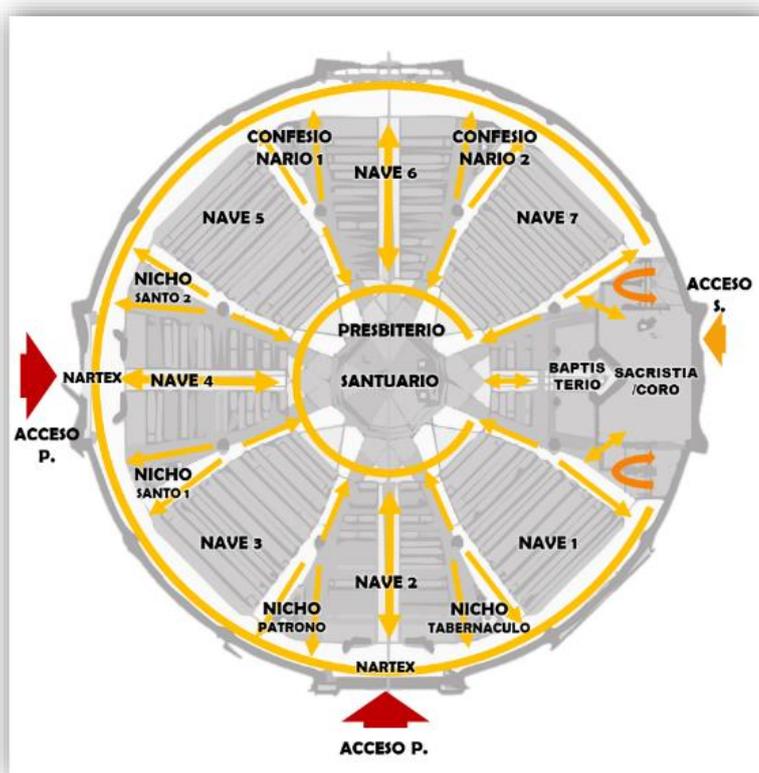


Figura 34: Distribución en planta del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

## DISEÑO FORMAL EXTERIOR DEL TEMPLO

Formalmente el templo está dado por una cúpula que metaforiza al “Globus Crucifer”. Es así que el templo toma la forma del símbolo de este misterio. “la cruz sobre una esfera”, la esfera como metáfora del mundo que es salvado en la muerte de Jesús simbolizado por la cruz. El templo es entonces un domo que, mediante un espejo de agua, completa la figura de una esfera además en su cima se contempla una torrecilla (linterna) para generar la cruz.

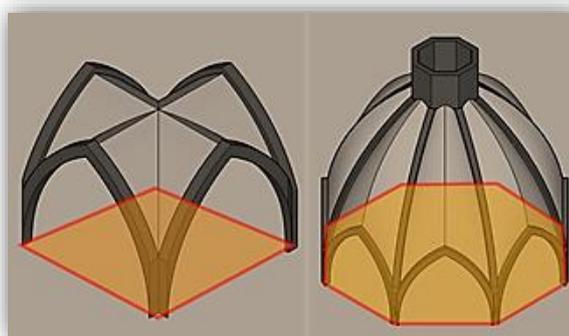


*Figura 35: Concepción de la forma del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*

### A) DISEÑO FORMAL INTERIOR DEL TEMPLO

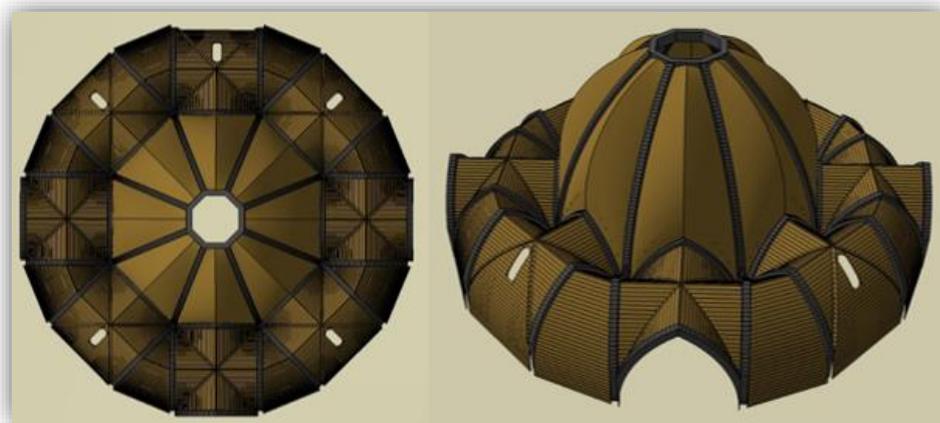
El templo está constituido por dos cascarones uno externo y uno interior. El cascaron externo es un domo mientras que el cascarón interior se compondrá por bóvedas que toman como base formal los ojivales, cuadrados y octágonos



*Figura 36: Bóveda de crucería de arcos ojivales y cúpula de arcos ojivales*

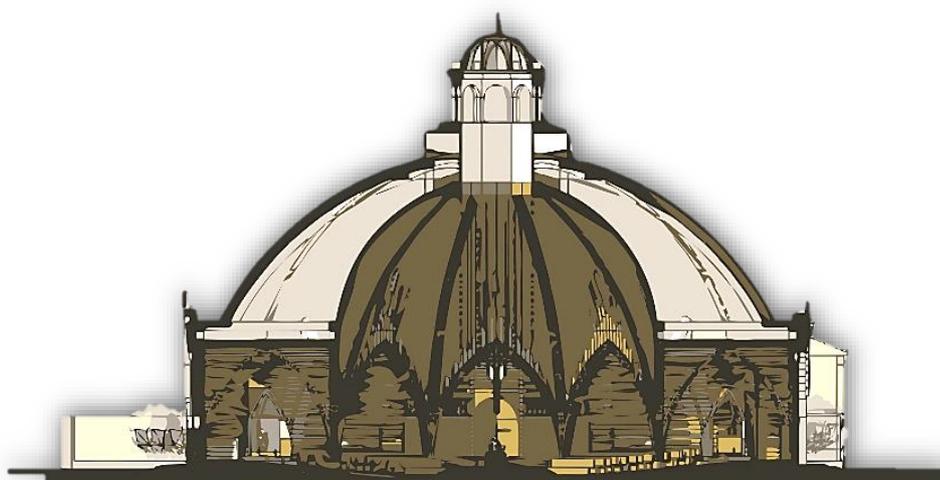
*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*

El cascarón interno está compuesto por una bóveda central en torno al cual se disponen ocho (08) bóvedas de crucería de arco ojival.



*Figura 37: Bóvedas del cascarón interno*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*



*Figura 38: Sección del proyecto que muestra cascarón interno y cascarón externo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*

## LAS FACHADAS

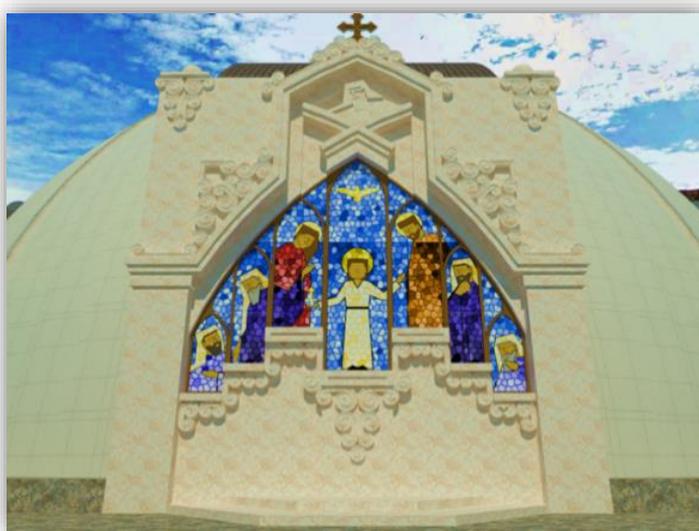
Por el diseño compositivo del templo, este presenta cuatro fachadas, perfectamente orientados hacia el oeste, norte, este y sur, estas fachadas tienen como tema

compositivo el de mostrar escenas icónicas de la vida de Jesucristo que marcaron su existir como aquel niño destinado a salvar al mundo a través de su Elaboración propia vida. Dos son accesos principales (fachadas oeste y sur) estos accesos permiten el ingreso del público al templo, otro la fachada (este) que da hacia el complejo parroquial permite el ingreso a la sacristía y la última fachada (norte) presenta grandes vitrales con el fin de permitir la iluminación natural al templo.



*Figura 39: Fachada oeste del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*



*Figura 40: Fachada norte del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*



*Figura 41: Fachada este del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*



*Figura 42: Fachada sur del Templo Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado*

**El bloque 2** dividido en sub bloques (a, b y c) contiene tres zonas: zona académica, zona administrativa y zona residencial.

**Sub Bloque a, zona académica**, esta construcción de uso semipúblico contiene cuatro aulas talleres de 48  $m^2$  aprox. Y servicios higiénicos básicos para hombres y mujeres, todo distribuido en dos niveles. Este módulo está articulado a través de pasadizos que dan al patio central del complejo y que se extiende también al sub bloque b, zona administrativa. A su vez estos pasadizos ubicados en cada nivel están comunicados por una escalera circular ubicado en el patio del complejo.

**Sub Bloque b, zona administrativa**, este bloque de carácter semipúblico tiene acceso desde la vía sin nombre 0202. El bloque funcionalmente contempla un despacho con un una secretaria y sala de espera en el primer nivel, en el segundo nivel se presenta una sala de reuniones, un estar y biblioteca distribuidos entre este nivel y un mezzanine interno. En el entrepiso de este nivel también se plantea un pequeño depósito desde el cual se accede a la azotea. La azotea contiene espacios para instalaciones sanitarias y eléctricas, áreas de mantenimiento a los que se accede desde el segundo nivel por una escalera de gato.

**Sub Bloque c, zona residencial**, esta construcción constituido por la casa cural es de carácter privado, y como tal presenta dos accesos uno vehicular que da directamente a la vía sin nombre 0202 y otro principal que da al patio del complejo, este bloque distribuido en dos niveles contiene una sala, un comedor, una cocina, un SS.HH. Una lavandería, y un dormitorio de servicio con baño propio en el primer nivel, mientras que en el segundo nivel hay cuatro dormitorios cada uno con baño propio, un estar y una terraza. La articulación de todos estos espacios se da a través de pasillos que se comunican mediante una escalera interna.



*Figura 43: Vista del Bloque 2 (Zona académica y administrativa)*

*Fuente: Elaboración propia*

**El bloque 3, zona de servicio comunal**, está conformado por una sala de usos múltiples que alterna sus funciones entre un auditorio, salón de reuniones y un velatorio, tal construcción presenta un acceso que da a un atrio de ingreso que se encuentra en la intersección de las vías 0101 y 0202, además de este acceso al exterior también se comunica internamente al complejo. Este bloque está programado con un salón de 95 m<sup>2</sup> aprox., una recepción, dos servicios higiénicos y un deposito/cocineta. Todos estos espacios están articulados a partir del hall de recepción que distribuye a todos los espacios.



Figura 44: Vista del Bloque 3 (Salón de Usos Múltiples)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Aforo por componentes del proyecto

| AFORO              |            |         |     |            |
|--------------------|------------|---------|-----|------------|
| <b>B1</b>          |            | 1 Nivel | 498 | 508        |
|                    |            | 2 Nivel | 10  |            |
| <b>B2</b>          | <b>B2a</b> | 1 Nivel | 50  | 121        |
|                    |            | 2 Nivel | 50  |            |
|                    | <b>B2b</b> | 1 Nivel | 8   |            |
|                    |            | 2 Nivel | 8   |            |
|                    | <b>B2c</b> | 1 Nivel | 1   |            |
|                    |            | 2 Nivel | 4   |            |
| <b>B3</b>          |            | 1 Nivel | 60  | 60         |
| <b>Aforo Total</b> |            |         |     | <b>689</b> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Áreas construidas por componentes del proyecto

| <b>ÁREAS CONSTRUIDAS (m<sup>2</sup>)</b> |            |         |         |         |
|--|------------|---------|---------|---------|
| <b>B1</b>                                |            | 1 Nivel | 1022.65 | 1089.40 |
|  |            | 2 Nivel | 66.75   |         |
| <b>B2</b>                                | <b>B2a</b> | 1 Nivel | 169.99  | 831.28  |
|  |            | 2 Nivel | 169.99  |         |
|  | <b>B2b</b> | 1 Nivel | 73.87   |         |
|  |            | 2 Nivel | 124.05  |         |
|  | <b>B2c</b> | 1 Nivel | 146.69  |         |
|  |            | 2 Nivel | 146.69  |         |
| <b>B3</b>                                |            | 1 Nivel | 129.87  | 129.87  |
| <b>Área Total Construida</b>             |            |         |         | 2050.55 |
| <b>Área libre 42.79%</b>                 |            |         |         | 1154.15 |
| <b>Área Ocupada</b>                      |            |         |         | 3204.70 |
| <b>Área total del terreno</b>            |            |         |         | 2697.22 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.3.2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

#### 3.2.2.3.2.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos tuvo como principal objetivo de calcular la capacidad de carga del terreno mediante las propiedades físicas determinadas en el laboratorio, para aplicarlas en los cálculos estructurales de cimentación del proyecto: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, Distrito, Provincia y Departamento de Puno”

El alcance del trabajo, determinó en primer lugar las condiciones del suelo como material de fundación y en segundo lugar estableció dicha capacidad en relación a la interacción suelo-estructura prediseñada, como lo expresa la Norma técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Puno, Centro Poblado de Alto Puno. El terreno colinda por el norte con una

vivienda y algunos predios, por el oeste con calle “sin nombre” y por el sur-este con la Avenida Tiquillaca.



*Figura 45: Ubicación del terreno destinado para el proyecto*  
*Fuente: Elaboración propia*

#### **ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO:**

Se accede al área de estudio por la av. Tiquillaca.



*Figura 46: Acceso al terreno destinado para el proyecto*  
*Fuente: Elaboración propia*

## **CONDICIÓN CLIMÁTICA**

Las condiciones climáticas en el ámbito geográfico que abarca el presente estudio, corresponde al tipo semi-seco y frío en su generalidad. Durante el año las estaciones climáticas son prácticamente dos: Una húmeda caracterizado por sus precipitaciones pluviales (noviembre a marzo) época apropiada y recomendable para la construcción de estructuras de concreto; y la otra época seca caracterizado por la ausencia de lluvias y baja temperatura nocturna.

## **MÉTODO DE TRABAJO**

Se realizó:

- Reconocimiento del terreno
- Formulación del Programa de Investigación
- Recopilación de información previa
- Ubicación de calicatas
- Toma de muestras
- Investigación en Campo
- Ensayos de laboratorio
- Evaluación de los ensayos de campo y laboratorio
- Perfiles estratigráficos
- Conclusiones y recomendaciones.

## **GEOLOGIA EN EL ÁREA DE PROYECTO**

### **GEOMORFOLOGÍA**

Regionalmente la zona del proyecto se divide en tres (03) unidades geométricas importantes: Cordillera Oriental, Altiplano, Cordillera Occidental. La zona se caracteriza por presentar complejos estructurales y litológicos, las cuales han sido modeladas por los agentes erosivos, existen zonas de escarpamiento y aterrazamiento con

pendientes suaves. La zona de estudio para el proyecto se encuentra en el Centro Poblado de Alto Puno, presentando una topografía caracterizada por pendientes suaves.

### GEOLOGÍA LOCAL

La región Puno está caracterizada geológicamente por rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas, las secuencias estratigráficas cubren edades desde el Cámbrico hasta el Cuaternario. Se describe la estratigrafía de la región considerando los siguientes dominios morfoestructurales debido a que controlan los afloramientos de las unidades:

- Cordillera Occidental y Altiplano
- Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico

El terreno del proyecto está ubicado en av. Tiquillaca perteneciente al grupo Barroso.

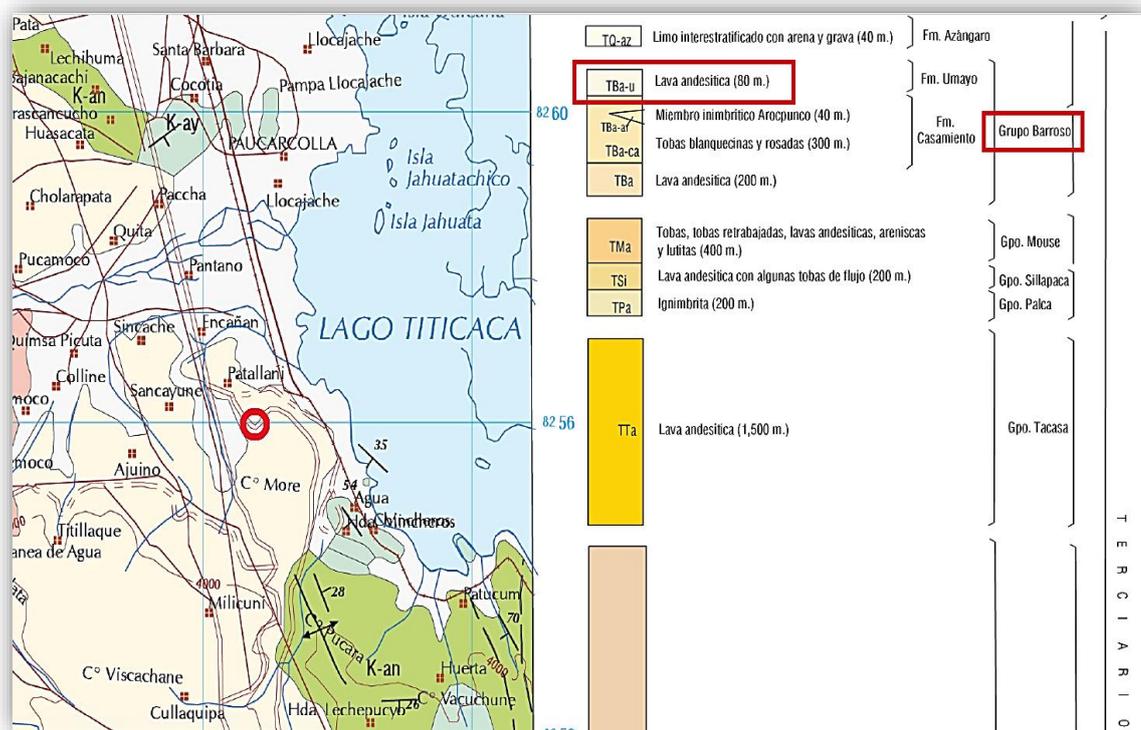


Figura 47: Zona del proyecto en mapa Geológico

Fuente: INGEMMET

- **GRUPO BARROSO**

La formación consiste en una serie erosionada de andesitas y traquitas, proviene de conos volcánicos por glaciación pre-pleistocénica donde las tobas dominan sobre las lavas. El grupo fue dividido en tres unidades cada una separada por una discordancia: el volcánico Chilca, el volcánico Barroso y el volcánico Pumpuruni.

El Grupo Barroso, vinculado a aparatos volcánicos, cierra la secuencia volcánica terciaria de la región Andina.

Litológicamente el Barroso está compuesto por lavas, brechas de flujo, aglomerados y tobas andesíticas, traquiandesíticas y dacíticas. En partes presenta lavas andesítico-basálticas y en otras lavas hornblendicas, comprendiendo fases efusivas y explosivas.

Las unidades litológicas del Grupo Barroso, son numerosas habiendo sido identificadas como formaciones o unidades volcánicas, a las cuales se dieron nombres locales.

Las rocas del Grupo Barroso constituyen un metalotecto de interés al haberse descubierto yacimientos epitermales oro-argentíferos, entre otros yacimientos polimetálicos.

El área de estudio estuvo sometido a diversos fenómenos de degradación y gradación que actúan como agentes modificadores de la superficie, los procesos meteóricos y fenómenos climáticos como: el intemperismo y el agua. Bajo el dominio de determinadas condiciones climáticas, el primero por la temperatura del medio ambiente y sus cambios abruptos entre el calor y el frío que dan lugar a la meteorización de la roca.

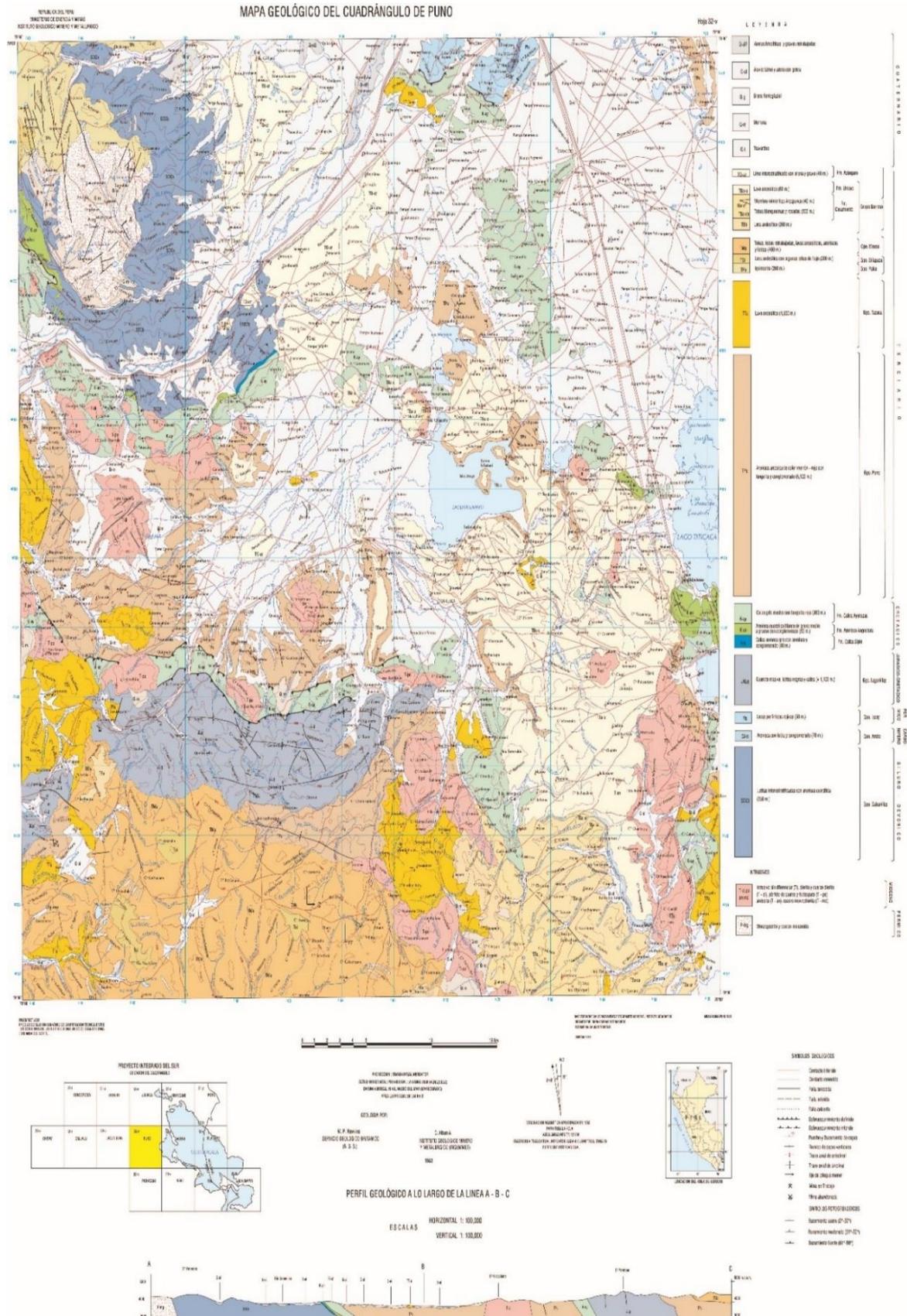


Figura 48: Mapa geológico del cuadrángulo 32-v (Puno)

Fuente: INGEMMET

### 3.2.2.3.2.1.1. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTUDIO

#### A) NÚMERO Y PROFUNDIDADES DE LAS PROSPECCIONES

Se entiende por prospección a todas las actividades concernientes a: calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración o métodos geofísicos; que nos permitan conocer las características geotécnicas y disposición del terreno.

En base a las características de los materiales existentes, para la exploración, la ubicación de los Calicatas y las profundidades alcanzadas estuvieron de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Se establece realizar tres calicatas en el bloque I (Templo “Niño Salvador del Mundo”) en un área de  $990\text{ m}^2$  aproximadamente y 1 calicata en el bloque II (Estructuras Complementarias: zona aulas, zona de servicio, zona administrativa y vivienda cural; en un área de  $390\text{ m}^2$  aproximadamente. Considerando que la norma E 050 “Suelos y cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el número mínimo de puntos a reconocer serán tres y nunca inferiores a éste.

La profundidad de las calicatas fue determinada inicialmente en función al bulbo de presiones. El bulbo de presiones en cimentaciones, o bulbo de tensiones, es el lugar geométrico del espacio de suelo en cuyos puntos se producen incrementos de carga vertical considerables por efecto de la aplicación de una carga. La presión de contacto en cimentaciones es la presión sobre el terreno de apoyo producida por el peso de una zapata y todas las fuerzas que actúan sobre ella. Estas fuerzas se desarrollan perpendicularmente a la superficie de contacto. Los esfuerzos que transmite al terreno una cimentación directa van disminuyendo progresivamente en profundidad. Las curvas que unen los puntos del suelo de igual presión (isobaras) adoptan la forma de bulbo, de ahí la denominación de bulbo de presión.

Para obtener la distribución de esfuerzos en el suelo debido a la acción de algunos tipos de carga se emplean algunos modelos propuestos por Boussinesq en los que el suelo se considera un medio elástico semi-infinito.

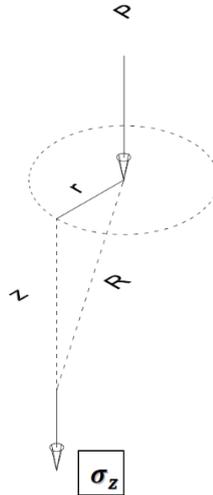


Figura 49: Distribuciones de presiones correspondiente a una carga concentrada vertical en la superficie del semi-espacio

Fuente: Cruz Velasco, 2015

$$\sigma_z = \frac{3P}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \left( \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right)^{\frac{5}{2}}$$

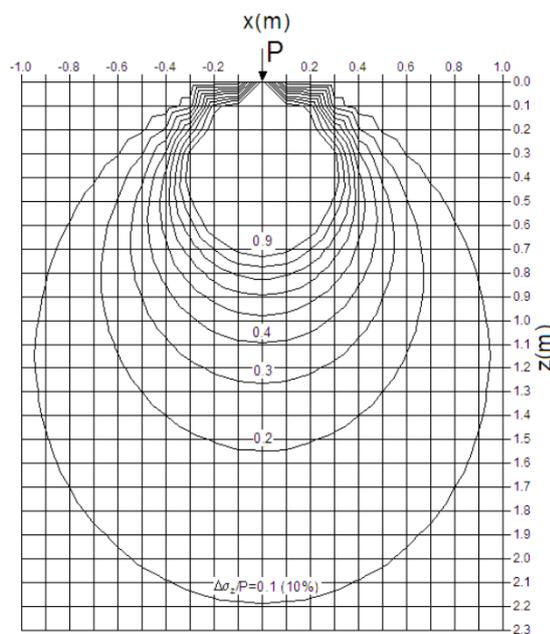


Figura 50: Isobaras o bulbo de presiones verticales bajo una carga puntual

Fuente: Cruz Velasco, 2015

En el caso de estudio, la carga en la zona más crítica será: 3086 kg

Tabla 3: Esfuerzo en distintas profundidades

| Z(m) | $\sigma_z$ (kg/m <sup>2</sup> ) |
|------|---------------------------------|
| 1    | 1473.456                        |
| 2    | 368.364                         |
| 3    | 163.717                         |
| 4    | 92.091                          |
| 5    | 58.938                          |
| 6    | 40.929                          |
| 7    | 30.071                          |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Cálculo de “r” para distintas profundidades.

| Z (m) | r     |
|-------|-------|
| 1     | 2.924 |
| 2     | 2.661 |
| 3     | 3.681 |
| 4     | 5.694 |
| 5     | 6.595 |
| 6     | 3.397 |
| 7     | 1.048 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Descripción de prospecciones efectuadas

| PROSPECCIÓN | DESCRIPCIÓN              | PROFUNDIDAD |
|-------------|--------------------------|-------------|
| C - 1       | Calicata a cielo Abierto | -2.00 m.    |
| C - 2       | Calicata a cielo Abierto | -1.50 m.    |
| C - 3       | Calicata a cielo Abierto | -2.20 m.    |
| C - 4       | Calicata a cielo Abierto | -1.55 m.    |

Fuente: Elaboración propia

Durante la ejecución de este sondeo se realizó un muestreo de los suelos prospectados, obteniendo muestras representativas de cada horizonte, siendo identificadas, marcadas y colocadas en recipientes adecuados para su remisión al Laboratorio de suelos, con el objeto de efectuar los análisis respectivos.

Las potencias y características principales de los diversos horizontes de los suelos encontrados en cada prospección se indican en el acápite correspondiente a estratigrafías en el anexo 5.



*Figura 51: Ubicación y delimitación de calicatas planteadas*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 52: Supervisión y toma de datos en excavación con maquinaria de calicatas planteadas.*

*Fuente: Elaboración propia*

## **B) CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS**

### **Calicata N° 01:**

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-0.60 m. SM: Arena limosa

0.00-2.00 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

2.00 m. : Roca ígnea (Andesita)

### **Calicata N° 02:**

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.50 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

1.50 m. Roca ígnea (Andesita)

### **Calicata N° 03:**

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.10 m. SM: Arena limosa

0.00-2.20 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

2.00 m Roca ígnea (Andesita)

**Calicata N° 04:**

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.55 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

1.50 m. Roca ígnea (Andesita)

De los resultados obtenidos en los sondajes N° 01, 02, 03 y 04 en el Sub-Suelo del área de emplazamiento de la estructura a cimentarse se estableció las características del Perfil estratigráfico siguiente: la presencia de roca andesita alterada y que los estratos de espesores variables están constituidos, principalmente por grava limosa y arena limosa.



*Figura 53: Verificación de la calidad de roca encontrada en el fondo de calicata N° 4 utilizando martillo de geólogo*

*Fuente: Elaboración propia*

**3.2.2.3.2.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Una vez recolectadas las muestras de suelo y roca de las calicatas, las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, las que llegaron en forma de muestras alteradas del tipo Mab,

contenidas en bolsas de plástico debidamente protegidas para evitar pérdida significativa de humedad. En laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar los siguientes análisis:

**a. Ensayos Estándar:**

-Ensayos de Contenido de humedad ASTM D 4643

-Ensayos de Análisis Granulométrico ASTM D 422

-Ensayos de Límites de Consistencia ASTM D 4318

-La clasificación de suelos se realizó utilizando el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) ASTM D 4318-94

-Ensayo de densidades máximas y mínimas ASTM D 4253

ASTM D 4254

**b. Ensayos Especiales:**

-Compresión inconfiada de rocas ASTM D2938

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a comparar sus resultados con las características de los suelos obtenidos en el campo, efectuándose las compatibilizaciones correspondientes en los casos que fueron necesarios. Así se obtuvieron los perfiles de suelos definitivos, en los anexos se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

\*Para la determinación de la densidad del suelo se utilizó:

-Ensayos de Densidad de campo ASTM D 1556



*Figura 54: Supervisión de realización de ensayo de compresión inconfiada de roca en laboratorio*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 55: Muestras de rocas después de ser sometidas a ensayo de compresión inconfiada de roca en laboratorio*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.2.3.2.1.3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

#### A) PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

De acuerdo al análisis de cimentación, trabajo de campo, ensayos de laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos y características del proyecto (según módulos) se ha considerado un tipo de cimentación de:

- **BLOQUE I (TEMPLO):** Zapatas conectadas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.
- **BLOQUE II:** Zapatas aisladas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.
- **BLOQUE III (SUM):** Zapatas aisladas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.

#### B) CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

El actual estado de conocimientos en geotecnia suministra una amplia variedad de fórmulas y modelos físicos para el análisis de las fundaciones, desde el punto de vista de la capacidad portante. La utilización correcta de estas herramientas requiere la consideración cuidadosa de los alcances de las teorías y su relación con las condiciones de cada problema particular. Los aspectos principales del problema son los siguientes:

- Configuración topográfica de la superficie del terreno y ubicación de la fundación en relación con la posible formación de superficies de falla o zonas plásticas en el suelo de soporte.

- Disposición de los mantos en el perfil estratigráfico y sus características como peso unitario, nivel freático y parámetros de resistencia al corte.
- Disposición, dimensiones y profundidad de los elementos de fundación.
- Naturaleza, excentricidad e inclinación de las cargas sobre la fundación.

Con base en resultados experimentales, *Vesic* (1973) propuso una relación para el modo de falla por capacidad de carga de cimentaciones descansando en arenas. La figura siguiente muestra esta relación, que contiene la siguiente notación:

$C_r$ = Compacidad relativa de la arena

$D_f$ = Profundidad de la cimentación medida desde la superficie del terreno.

Para el caso de estudio se tienen valores de:  $C_r=0.48$ ,  $D_f=1.3m$  y  $B^*=1.3m$  y conforme al ábaco siguiente se deduce que el suelo presentará Falla por corte local.

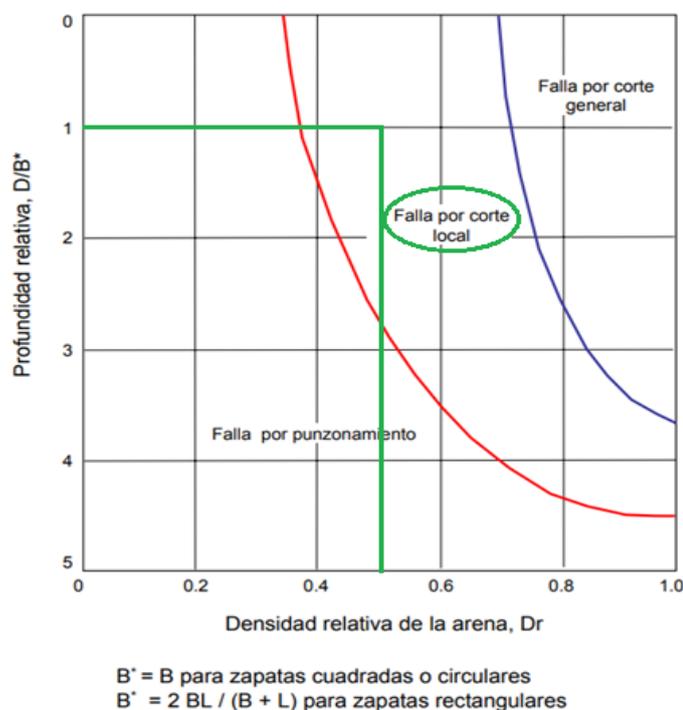


Figura 56: Ábaco para determinar el tipo de falla que se presentara en la zona de estudio

Fuente: *Das*, 2001

La falla por corte local es una falla intermedia entre el corte general y el punzonamiento. Presenta hinchamiento del suelo al lado de la cimentación y compresión vertical del suelo bajo la cimentación.

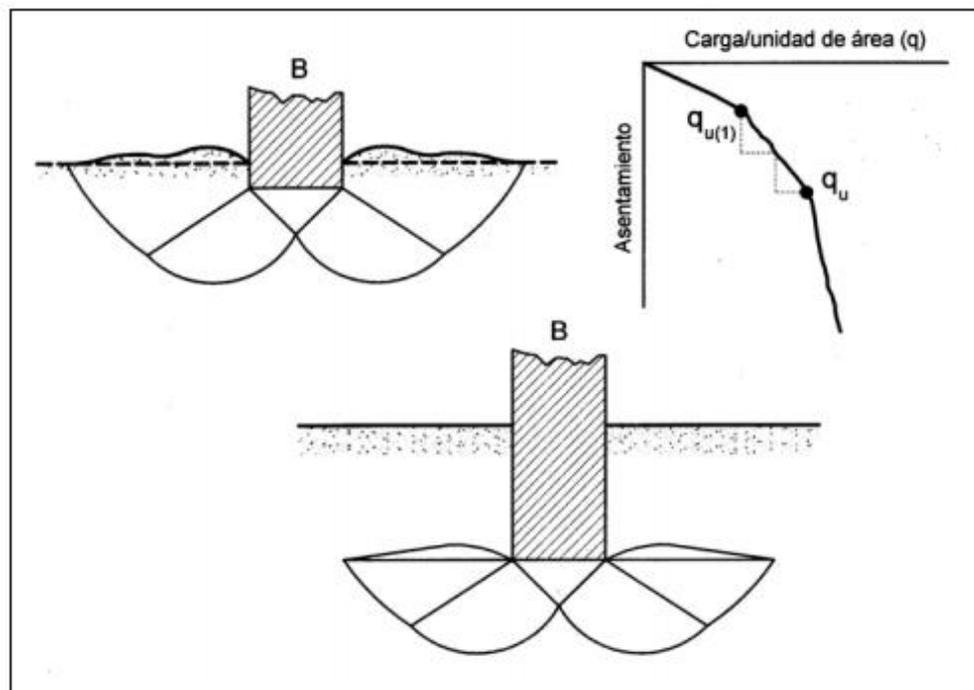


Figura 57: Características que presenta la falla por corte local

Fuente: Das, 2001

**FÓRMULA DE TERZAGHI**

Utilizando el criterio de Terzaghi-Peck (1967), modificado por Vesic (1973), la capacidad última de carga de suelo se expresa por la siguiente ecuación:

**PARA BLOQUE I (Cimentación corrida)**

$$q_{ult} = \frac{2}{3} * c * N_c + q * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

F.S. = Factor de Seguridad = 3

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de Capacidad de Carga

$$\phi=32.57^\circ, N_c=40.37, N_q=24.79, N_\gamma=32.95$$

$$q = \text{Presión de Sobrecarga (Ton/m}^2\text{)} = \gamma * D_f = 1.53 \text{ Ton/m}^3 * 1.3 \text{ m} = 1.99 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma = \text{Peso Unitario (Ton/m}^3\text{)} = 1.53 \text{ Ton/m}^3$$

$$d = \text{Profundidad de Cimentación (m)} = 1.30 \text{ m}$$

$$B = \text{Ancho de la Cimentación (m)} = 1.8 \text{ m}$$

Falla general por corte local:

$$q_{ult} = 9.47 \text{ kg/cm}^2$$

La capacidad de carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

$$q_{adm} = \frac{9.47}{3} = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

### PARA BLOQUE II Y III (Cimentación aislada cuadrada)

$$q_{ult} = 0.867 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

F.S. = Factor de Seguridad = 3

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de Capacidad de Carga

$$\phi=32.57, N_c=40.37, N_q=24.79, N_\gamma=32.95$$

$$q = \text{Presión de Sobrecarga (Ton/m}^2\text{)} = \gamma * D_f = 1.53 \text{ Ton/m}^3 * 1.3 \text{ m} = 1.99 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma = \text{Peso Unitario (Ton/m}^3\text{)} = 1.53 \text{ Ton/m}^3$$

$d =$  Profundidad de Cimentación (m) = 1.30 m

$B =$  Ancho de la Cimentación (m) = 1.30 m

Falla general por corte local:

$$q_{\acute{u}lt} = 8.21 \text{ kg/cm}^2$$

La capacidad de carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_{\acute{u}lt}}{F.S.}$$

$$q_{adm} = \frac{8.21\text{kg/cm}^2}{3} = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

La determinación del ángulo de fricción se calculó a partir de los ensayos de laboratorio respectivos y se contrastó con valores consignados con la siguiente tabla:

Tabla 6: Valores Típicos de Propiedades de Suelos y Rocas

| Material  | Compacidad | Densidad Relativa | N (SPT) | $\gamma_{seca}$ (g/cm <sup>3</sup> ) | Relación de vacíos | Ángulo de fricción interna |
|---|------------|-------------------|---------|--------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| GW: gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena | Densa      | 75%               | 90      | 2.21                                 | 0.22               | 40°                        |
|   | Media      | 50%               | 55      | 2.08                                 | 0.28               | 36°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 28    | 1.97                                 | 0.36               | 32°                        |
| GP: gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena  | Densa      | 75%               | 70      | 2.04                                 | 0.33               | 38°                        |
|   | Media      | 50%               | 50      | 1.92                                 | 0.39               | 35°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 20    | 1.83                                 | 0.47               | 32°                        |
| SW: arenas bien graduadas, arenas gravosas          | Densa      | 75%               | 65      | 1.89                                 | 0.43               | 37°                        |
|   | Media      | 50%               | 35      | 1.79                                 | 0.49               | 34°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 15    | 1.70                                 | 0.57               | 30°                        |
| SP: arenas mal graduadas, arenas gravosas           | Densa      | 75%               | 50      | 1.76                                 | 0.52               | 36°                        |
|   | Media      | 50%               | 30      | 1.67                                 | 0.60               | 33°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 10    | 1.59                                 | 0.65               | 29°                        |
| SM: arenas limosas                                  | Densa      | 75%               | 45      | 1.65                                 | 0.62               | 35°                        |
|   | Media      | 50%               | 25      | 1.55                                 | 0.74               | 32°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 8     | 1.49                                 | 0.80               | 29°                        |
| ML: limos inorgánicos, arenas muy finas             | Densa      | 75%               | 35      | 1.49                                 | 0.80               | 33°                        |
|   | Media      | 50%               | 20      | 1.41                                 | 0.90               | 31°                        |
|   | Suelta     | 25%               | < 4     | 1.35                                 | 1.00               | 27°                        |

Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.

**C) ASENTAMIENTOS**

Asentamientos inmediatos para suelos granulares:

El tipo de cimentación que se utilizó en el bloque B1: Templo es cimentación rígida ya que según siguiente relación:

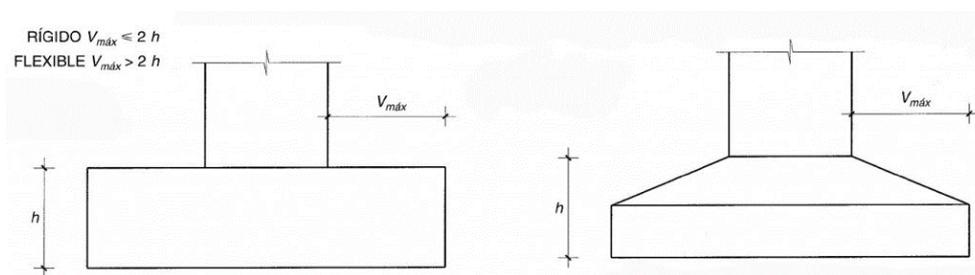


Figura 58: Diferenciación entre zapatas rígidas y flexibles

Fuente: COSTOS, 2016

Para el caso la Zapata C-1, siendo la más crítica, presenta:

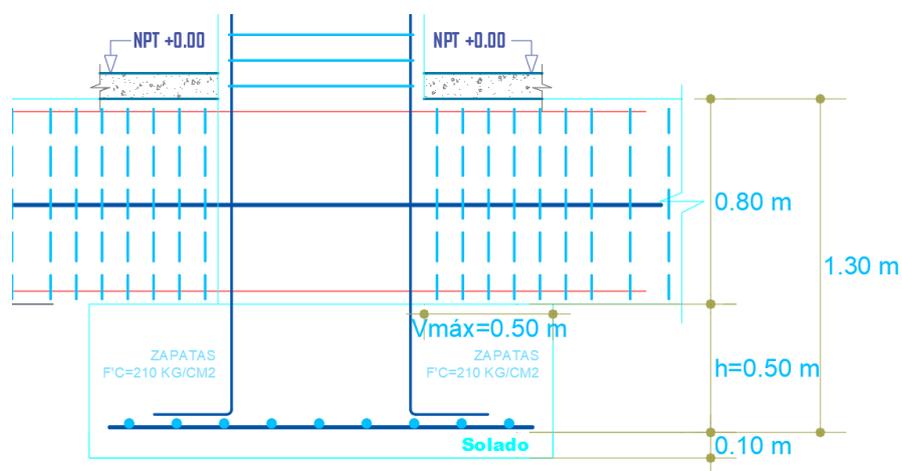


Figura 59: Detalle de zapata más crítica del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Elaboración propia

- $V_{máx} = 0.50 m$
- $h = 0.50 m$

ZAPATA FLEXIBLE:  $V_{máx} > 2h$

ZAPATA RÍGIDA:  $V_{máx} \leq 2h$

$$V_{\text{máx}} = 0.50 \text{ m} < 2 * 0.50$$

$$0.50 \text{ m} < 2 * 0.50 = 1 \text{ m}$$

Por tanto deduce que es una zapata rígida.

El asentamiento inmediato se expresa como:

$$S_e = \frac{B \cdot q_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha_r \text{ (Cimentación rígida)}$$

Donde:

$S_e$  = Asentamiento en cm

B= ancho de la cimentación

$q_o$ =Presión de contacto (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_s$ =Módulo de elasticidad del suelo (kg/cm<sup>2</sup>)

$\mu_s$ =Coeficiente de poisson del suelo

Para la cimentación C-1:

$$B=L=1.80 \text{ m}$$

$$q_o = \frac{P}{A}$$

$$q_o = \frac{10000 \text{ kg}}{180 \text{ cm} * 180 \text{ cm}} = 0.3086 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Ver siguiente tabla)}$$

Tabla 7: Valores de  $E_s$  según tipo de suelo

| Material              | $E$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|
| Arcilla               | 25 a 125                  |
| Muy blanda            | 50 a 250                  |
| Blanda                | 250 a 500                 |
| Medianamente compacta | 500 a 1000                |
| Dura                  | 250 a 2500                |
| Arenosa               |                           |
| Limo                  | 20 a 200                  |
| Loes                  | 150 a 600                 |
| Arena fina            | 80 a 120                  |
| Suelta                | 120 a 200                 |
| Medianamente densa    | 200 a 300                 |
| Densa                 |                           |
| Arena                 | 100 a 300                 |
| Suelta                | 300 a 500                 |
| Medianamente densa    | 500 a 800                 |
| Densa                 |                           |
| Grava                 | 300 800                   |
| Suelta                | 800 a 1000                |
| Medianamente densa    | 1000 a 2000               |
| Densa                 |                           |
| Concreto              | $2 a 3 \cdot 10^5$        |
| Hielo                 | $7 \cdot 10^5$            |
| Acero                 | $2.1 \cdot 10^6$          |

Fuente: CGS(1978); Lambe y Whitman(1969) y Bowles (1982)

El valor de  $\mu_s=0.35$  (Ver siguiente tabla)

Tabla 8: Valores de  $\mu_s$  según tipo de suelo

| Tipo de Suelo                | Rango de valores típicos     | Coeficiente de Poisson, $\nu$ (adimensional) | Estimación de $E_s$ a partir de $N$                      |                       |
|------------------------------|------------------------------|--|--|-----------------------|
|                              | Módulo de Young, $E_s$ (MPa) |  | Tipo de suelo  | $E_s$ (MPa)           |
| Arcilla:                     |                              |  |  |                       |
| Blanda sensible              | 2,4 - 15                     | 0,4 - 0,5<br>(no drenada)                    | Limos, limos arenosos, mezclas levemente cohesivas       | $0,4 N_1$             |
| Medianamente rígida a rígida | 15 - 50                      |  | Arenas limpias finas a medias y arenas levemente limosas | $0,7 N_1$             |
| Muy rígida                   | 50 - 100                     |  | Arenas gruesas y arenas con poca grava                   | $1,0 N_1$             |
|                              |                              |  | Grava arenosa y gravas                                   | $1,1 N_1$             |
| Loes                         | 15 - 60                      | 0,1 - 0,3                                    | Grava arenosa y gravas                                   | $1,1 N_1$             |
| Limo                         | 2 - 20                       | 0,3 - 0,35                                   |  |                       |
| Arena fina:                  |                              |  | Estimación de $E_s$ a partir de $S_u$                    |                       |
| Suelta                       | 7,5 - 10                     | 0,25   | Arcilla blanda sensible                                  | $400 S_u - 1000 S_u$  |
| Medianamente densa           | 10 - 20                      |  | Arcilla medianamente rígida a rígida                     | $1500 S_u - 2400 S_u$ |
| Densa                        | 20 - 25                      |  | Arcilla muy rígida                                       | $3000 S_u - 4000 S_u$ |
| Arena:                       |                              |  | Estimación de $E_s$ a partir de $q_c$                    |                       |
| Suelta                       | 10 - 25                      | 0,20 - 0,35                                  | Suelos arenosos  | $4 q_c$               |
| Medianamente densa           | 25 - 50                      | 0,30 - 0,40                                  |  |                       |
| Densa                        | 50 - 75                      |  |  |                       |
| Grava:                       |                              |  |  |                       |
| Suelta                       | 25 - 75                      | 0,2 - 0,35                                   |  |                       |
| Medianamente densa           | 75 - 100                     | 0,3 - 0,4                                    |  |                       |
| Densa                        | 100 - 200                    |  |  |                       |

Fuente: U.S.Department of the Navy (1982) y Bowles (1988)

El valor de  $\alpha_r=0.89$  (ver siguiente tabla):

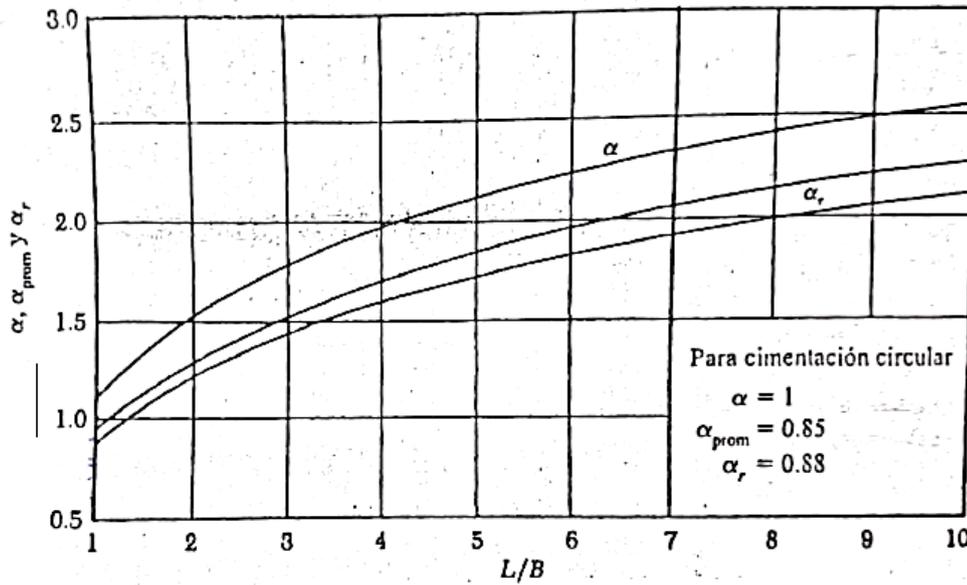


Figura 60: Valores de  $\alpha, \alpha_{prom}$  y  $\alpha_r$

Fuente: Das, 2001

Reemplazando valores

$$S_e = \frac{B \cdot q_0}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha_r$$

$$S_e = \frac{1.80m \times 0.3086 \text{ kg/cm}^2}{8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2} (1 - 0.35^2) \cdot 0.89 = 5.42 \times 10^{-6} \text{ m} = 5.42 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$S_e = 5.42 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

#### D) ESFUERZO DE CORTE

La cohesión de un suelo y su ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo de corte del mismo, pueden obtenerse de diferentes maneras, y entre ellas figuran:

- a) Por medio del aparato de corte directo ideado por Arthur Casagrande
- b) Por la prueba de compresión triaxial
- c) Por la prueba de la Veleta

## d) Por de penetración Normal

Según el Ing. *Carlos Crespo Villalaz* en la Prueba de Corte Directo explica “ *Es necesario aclarar aquí que en el campo de la aplicación legítima de los ensayos de corte estos se encuentran actualmente limitados a los suelos limosos con características intermedias entre la arena y la arcilla.*”

En arena los ensayos de corte muy raramente se justifican, ya que el límite inferior del ángulo de fricción interna es igual al ángulo de reposo de la misma, que puede ser obtenido sin ensayos, y la influencia que la compacidad relativa ejerce sobre el valor de  $\phi$  puede estimarse (...). La relación entre el ángulo de fricción interna de un suelo granular y la compacidad relativa del mismo es expresada por *Meyerhof* por medio de las siguientes expresiones:

Para suelos granulares con más del 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 25 + 0.15C_r$$

Expresado  $C_r$  en porcentaje

Para suelos granulares con menos del 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 30 + 0.15C_r$$

Según el análisis granulométrico de la calicata C-1 , se toma la primera fórmula de  $\phi$  :

$$\phi = 25 + 0.15C_r ; C_r=50.44\%$$

$$\phi = 25 + 0.15(50.44)$$

$$\phi =32.57$$

Tabla 9: Características de suelo de calicata C-1

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO  
 CALICATA : C - 1                      ESTRATO: E - 2  
 PROFUNDIDAD: 0.60m. - 0.70m.

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00          | 100.00     |                | Peso Inicial : 2631 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00          | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               |               | 0.00           | 0.00          | 100.00     |                | Limite Liquido : 52.7%         |
| 1 1/2"       | 38.100               |               | 0.00           | 0.00          | 100.00     |                | Limite Plastico : 36.3%        |
| 1"           | 25.400               | 283.59        | 10.78          | 10.78         | 89.22      |                | Indice Plastico : 16.3%        |
| 3/4"         | 19.050               | 150.52        | 5.72           | 16.50         | 83.50      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 233.49        | 8.87           | 25.37         | 74.63      |                | AASHTO : A-2-7 ( 1 )           |
| 3/8"         | 9.525                | 140.05        | 5.32           | 30.70         | 69.30      |                | SUCS : GM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 154.36        | 5.87           | 36.56         | 63.44      |                | % de Grava : 39.14 %           |
| Nº 4         | 4.760                | 67.88         | 2.58           | 39.14         | 60.86      |                | % de Arena : 26.74 %           |
| Nº 6         | 3.360                |               | 0.00           | 39.14         | 60.86      |                | % Pasa Nº 200 : 34.12 %        |
| Nº 8         | 2.380                | 143.92        | 5.47           | 44.61         | 55.39      |                |                                |
| Nº 10        | 2.000                | 35.64         | 1.35           | 45.97         | 54.03      |                |                                |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 45.97         | 54.03      |                |                                |
| Nº 20        | 0.840                | 165.15        | 6.28           | 52.25         | 47.75      |                |                                |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 52.25         | 47.75      |                |                                |
| Nº 40        | 0.426                | 126.29        | 4.80           | 57.05         | 42.95      |                |                                |

Fuente: Elaboración propia

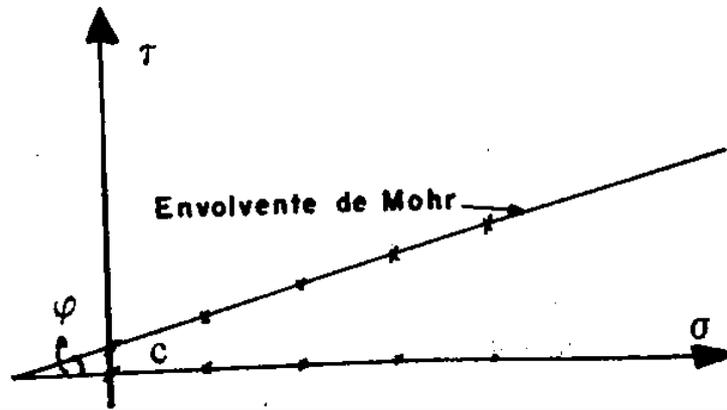


Figura 61: Relación entre esfuerzo normal y esfuerzo cortante

Fuente: Crespo Villalaz

$$\tau = p_i \tan \varphi; p_i = 0.3086 \text{ kg/m}^2$$

$$\tau = 3.086 \text{ Ton/m}^2 * \tan 32.57^\circ$$

$$\tau = 3.086 \times 0.639 = 1.972 \text{ Ton/m}^2$$

### 3.2.2.3.2.1.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1. En la ubicación señalada para la estructura en estudio no se detectaron estructuras geológicas como fallas, contactos o pliegues que afecten la estabilidad de la obra, siendo está constituida por depósitos de gravas limosas y presencias de rocas ígneas (andesita).
2. No se detectó presencia de Nivel Freático para el área de construcción en temporada de avenidas.
3. Las condiciones de cimentación son:

#### BLOQUE I (TEMPLO)

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Material de fundación      | : Grava limosa                                      |
| Tipo de Cimentación        | : Zapatas de concreto armado y vigas de cimentación |
| Capacidad Portante         | : $q_{adm} = 3.16 \text{ Kg/cm}^2$                  |
| $D_f$ (Prof. De desplante) | : -1.3 m.   |

#### BLOQUE II

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Material de fundación      | : Grava limosa                     |
| Tipo de Cimentación        | : Zapatas de concreto armado       |
| Capacidad Portante         | : $q_{adm} = 2.74 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $D_f$ (Prof. De desplante) | : -1.3 m.                          |

#### BLOQUE III

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| Material de fundación | : Grava limosa               |
| Tipo de Cimentación   | : Zapatas de concreto armado |

Capacidad Portante :  $q_{adm} = 2.74 \text{ Kg/cm}^2$

Df. (Prof. De desplante) : -1.3 m.

4. El Número de Sondajes y la profundidad de las excavaciones efectuadas han sido suficientes para los requerimientos y tipo de material de fundación que se han encontrado, se recomienda que dentro del proceso constructivo se tenga los cuidados necesarios de no alterar las condiciones de cimentación. Además de la correlación de las exploraciones señaladas, en los ítems correspondientes, se observa que existe una continuidad litológica horizontal y lateral de los diferentes estratos.

5. Para la Cimentación de las Columnas de las estructuras se tendrá que adoptar un sistema de cimentación superficial, por medio de zapatas de concreto armado y para el caso de las vigas de conexión de cimentación de concreto armado.

6. La profundidad de la cimentación no deberá de encontrarse a menos de -1.30 m. computados a partir del terreno natural y en todo caso en el estrato en el que se encuentre la roca.

7. Se recomienda la verificación de las cargas de cimentación una vez que se haya diseñado, con los metrados de cargas respectivas, para poder efectuar el contraste de la interacción suelos-estructura.

8. Para el Bloqueo I, asumiendo una zapata conectada que actúa directamente sobre el suelo de fundación, el asentamiento diferencial generado  $5.42 \times 10^{-5} \text{ mm}$  es bastante pequeña el que eventualmente puede ser absorbido por la cimentación, y para efectos de seguridad deberá ser chequeada estructuralmente.

9. Para los Bloques II y III, asumiendo una zapata aislada de ancho  $B = 1,3 \text{ m}$ , que actúa directamente sobre el suelo de fundación, el asentamiento diferencial generado

$5.42 \times 10^{-5} \text{ mm}$  está dentro de los límites permisibles, el que eventualmente puede ser absorbido por la cimentación cuadrada, y para efectos de seguridad deberá ser revisada estructuralmente.

### 3.2.2.3.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Con el levantamiento topográfico se logró determinar la configuración del terreno y obtener los datos necesarios para la representación gráfica (planos) de la topografía del terreno, también se pudo obtener la posición sobre la superficie de elementos naturales y estructuras construidas.

Los equipos y materiales utilizados fueron: wincha, jalón, estacas, brújula, GPS, miras, trípode y teodolito

El procedimiento realizado inició con la ubicación del BM, siendo el punto más conveniente para la ubicación del teodolito, desde este punto se emanaron los rayos de observación, con ayuda del GPS diferencial se pudo conocer las coordenadas en el BM. Se procedió a colocar las miras en lugares estratégicos del terreno y zonas aledañas para posteriormente realizar la toma de datos con el teodolito.

Una vez obtenidos los datos(coordenadas) de la zona estudiada, se procedió al trabajo en gabinete. Los datos obtenidos fueron procesados por el programa CIVIL 3D para obtener los planos topográficos.

*Tabla 10: Puntos topográficos obtenidos de levantamiento topográfico*

| PUNTO | ELEVACIÓN  | ELEVACIÓN  | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|-------|------------|------------|----------|-------------|
| 113   | 389150.266 | 8251008.93 | 3996.58  | BM          |
| 1     | 389159.859 | 8251001.85 | 3996.395 | V           |
| 2     | 389212.454 | 8251004.26 | 3995.617 | V           |
| 3     | 389249.159 | 8251041.51 | 3994.726 | V           |
| 4     | 389215.048 | 8251060.65 | 3993.61  | V           |
| 5     | 389222.996 | 8251071.56 | 3993.277 | V           |
| 6     | 389167.73  | 8251097.5  | 3993.369 | V           |

| PUNTO | ELEVACIÓN  | NORTE      | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|-------|------------|------------|----------|-------------|
| 57    | 389217.888 | 8251020.12 | 3995.209 | POSTE       |
| 58    | 389179.838 | 8251032.85 | 3994.964 | POSTE       |
| 59    | 389179.274 | 8251033.17 | 3994.891 | COLUMNA     |
| 60    | 389179.732 | 8251044.72 | 3994.46  | COLUMNA     |
| 61    | 389256.738 | 8251034.73 | 3994.714 | MED         |
| 62    | 389260.183 | 8251038.41 | 3994.917 | MURO        |
| 63    | 389261.073 | 8251037.39 | 3994.564 | POSTE       |

| PUNTO<br>(...continuación) | ELEVACIÓN  | ELEVACIÓN  | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|------------|------------|----------|-------------|
| 7                          | 389163.764 | 8251055.47 | 3994.525 | ESTACA      |
| 8                          | 389170.029 | 8251045.52 | 3994.686 | CAPILLA     |
| 9                          | 389169.415 | 8251033.3  | 3994.994 | CAPILLA     |
| 10                         | 389161.464 | 8251039.95 | 3994.734 | CAPILLA     |
| 11                         | 389150.607 | 8251017.39 | 3996.045 | CASA        |
| 12                         | 389149.99  | 8251002.72 | 3996.668 | CASA        |
| 13                         | 389128.648 | 8251016.03 | 3996.352 | CASA        |
| 14                         | 389148.691 | 8251001.09 | 3996.663 | CASA        |
| 15                         | 389146.261 | 8250989.14 | 3997.647 | CASA        |
| 16                         | 389149.293 | 8250986.52 | 3997.564 | CASA        |
| 17                         | 389148.101 | 8250962.36 | 3997.865 | CASA        |
| 18                         | 389170.599 | 8250965.72 | 3996.727 | BAÑO        |
| 19                         | 389156.586 | 8250950.26 | 3997.037 | AVENIDA     |
| 20                         | 389160.44  | 8250942.86 | 3997.368 | AVENIDA     |
| 21                         | 389158.471 | 8250946.54 | 3997.176 | AVENIDA     |
| 22                         | 389179.835 | 8250954.63 | 3996.723 | AVENIDA     |
| 23                         | 389175.934 | 8250961.98 | 3996.401 | AVENIDA     |
| 24                         | 389177.913 | 8250958.3  | 3996.516 | AVENIDA     |
| 25                         | 389196.64  | 8250975.78 | 3995.691 | AVENIDA     |
| 26                         | 389199.036 | 8250972.22 | 3995.884 | AVENIDA     |
| 27                         | 389202.328 | 8250969.68 | 3995.996 | AVENIDA     |
| 28                         | 389213.708 | 8250988.65 | 3995.098 | AVENIDA     |
| 29                         | 389218.918 | 8250982.13 | 3995.411 | AVENIDA     |
| 30                         | 389216.347 | 8250985.36 | 3995.242 | AVENIDA     |
| 31                         | 389211.985 | 8250989.89 | 3995.72  | POSTE       |
| 32                         | 389232.368 | 8250993.46 | 3994.908 | AVENIDA     |
| 33                         | 389226.915 | 8250999.76 | 3994.623 | AVENIDA     |
| 34                         | 389229.656 | 8250996.57 | 3994.746 | AVENIDA     |
| 35                         | 389233.645 | 8250991.32 | 3994.827 | POSTE       |
| 36                         | 389235.187 | 8250991.95 | 3994.808 | POSTE       |
| 37                         | 389250.505 | 8251021.73 | 3993.541 | AVENIDA     |
| 38                         | 389256.573 | 8251015.93 | 3993.83  | AVENIDA     |
| 39                         | 389249.065 | 8251023.29 | 3993.92  | POSTE       |
| 40                         | 389253.529 | 8251018.73 | 3993.691 | AVENIDA     |
| 41                         | 389263.453 | 8251019.09 | 3993.918 | POSTE       |
| 42                         | 389258.083 | 8251014.14 | 3993.63  | POSTE       |
| 43                         | 389265.804 | 8251025.87 | 3993.388 | AVENIDA     |
| 44                         | 389262.702 | 8251028.5  | 3993.27  | AVENIDA     |
| 45                         | 389280.432 | 8251014.99 | 3994.687 | CASA        |
| 46                         | 389246.075 | 8250995.92 | 3995.78  | CASA        |
| 47                         | 389213.383 | 8250968    | 3997.077 | CASA        |
| 48                         | 389204.19  | 8250962.22 | 3997.095 | CASA        |
| 49                         | 389181.277 | 8250948.34 | 3997.568 | CASA        |
| 50                         | 389210.079 | 8250970.92 | 3996.188 | POSTE       |
| 51                         | 389202.552 | 8250966.86 | 3995.961 | POSTE       |

| PUNTO | ELEVACIÓN  | NORTE      | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|-------|------------|------------|----------|-------------|
| 64    | 389254.578 | 8251040.61 | 3994.656 | MURO        |
| 65    | 389231.263 | 8251052.44 | 3994.149 | CASA        |
| 66    | 389238.926 | 8251068.74 | 3993.724 | CASA        |
| 67    | 389226.133 | 8251074.57 | 3993.521 | TN          |
| 68    | 389216.241 | 8251066.86 | 3993.439 | POSTE       |
| 69    | 389205.236 | 8251078.7  | 3992.926 | MONUMENTO   |
| 70    | 389207.828 | 8251082.53 | 3992.837 | MURO        |
| 71    | 389165.309 | 8251100.87 | 3993.954 | MURO        |
| 72    | 389154.752 | 8251093.77 | 3993.758 | ESTACA      |
| 73    | 389154.352 | 8251085.85 | 3993.879 | ESTACA      |
| 74    | 389153.781 | 8251077.55 | 3994.135 | ESTACA      |
| 75    | 389152.835 | 8251061.56 | 3994.595 | ESTACA      |
| 76    | 389165.359 | 8251098.67 | 3993.82  | TN          |
| 77    | 389163.665 | 8251076.64 | 3993.658 | TN          |
| 78    | 389162.565 | 8251059.91 | 3994.287 | TN          |
| 79    | 389161.722 | 8251049.77 | 3994.581 | TN          |
| 80    | 389184.744 | 8251091.27 | 3992.773 | TN          |
| 81    | 389181.436 | 8251071.68 | 3993.34  | TN          |
| 82    | 389178.657 | 8251055.19 | 3994.033 | TN          |
| 83    | 389177.131 | 8251044.06 | 3994.386 | TN          |
| 84    | 389203.34  | 8251081.98 | 3992.771 | TN          |
| 85    | 389198.448 | 8251065.62 | 3993.544 | TN          |
| 86    | 389194.508 | 8251052.69 | 3994.037 | TN          |
| 87    | 389190.422 | 8251037.49 | 3994.714 | TN          |
| 88    | 389221.797 | 8251074.39 | 3993.155 | TN          |
| 89    | 389214.758 | 8251059.65 | 3993.657 | TN          |
| 90    | 389209.835 | 8251049.08 | 3994.132 | TN          |
| 91    | 389203.708 | 8251036.32 | 3994.626 | TN          |
| 92    | 389234.507 | 8251063.4  | 3993.561 | TN          |
| 93    | 389224.785 | 8251042.45 | 3994.419 | TN          |
| 94    | 389218.587 | 8251028.89 | 3994.812 | TN          |
| 95    | 389249.989 | 8251039.41 | 3994.714 | TN          |
| 96    | 389232.093 | 8251019.75 | 3994.983 | TN          |
| 97    | 389221.926 | 8251008.47 | 3995.458 | TN          |
| 98    | 389224.954 | 8251006.72 | 3995.368 | TN          |
| 99    | 389213.001 | 8250997.53 | 3995.884 | TN          |
| 100   | 389188.462 | 8250978.88 | 3996.3   | TN          |
| 101   | 389169.676 | 8250965.53 | 3996.625 | TN          |
| 102   | 389213.462 | 8251021.6  | 3995.158 | TN          |
| 103   | 389203.46  | 8251017.43 | 3995.251 | TN          |
| 104   | 389183.448 | 8251008.97 | 3995.628 | TN          |
| 105   | 389168.963 | 8251003.04 | 3996.044 | TN          |
| 106   | 389208.387 | 8251030.63 | 3994.805 | TN          |
| 107   | 389199.955 | 8251026.81 | 3995.058 | TN          |
| 108   | 389182.241 | 8251017.33 | 3995.43  | TN          |

| PUNTO<br>(...continuación) | ELEVACIÓN  | ELEVACIÓN  | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|------------|------------|----------|-------------|
| 52                         | 389179.642 | 8250950.81 | 3997.429 | POSTE       |
| 53                         | 389173.616 | 8250942.66 | 3997.51  | CASA        |
| 54                         | 389176.449 | 8250969.5  | 3996.758 | BAÑO        |
| 55                         | 389177.412 | 8250968.02 | 3996.494 | BAÑO        |
| 56                         | 389173.413 | 8251002.93 | 3996.014 | POSTE       |

| PUNTO | ELEVACIÓN  | NORTE      | ESTE     | DESCRIPCIÓN |
|-------|------------|------------|----------|-------------|
| 109   | 389169.159 | 8251010.82 | 3995.877 | TN          |
| 110   | 389191.721 | 8251036.39 | 3994.835 | TN          |
| 111   | 389175.933 | 8251038.35 | 3994.665 | TN          |
| 112   | 389169.977 | 8251039.03 | 3994.694 | CAPILLA     |

Fuente: Elaboración propia

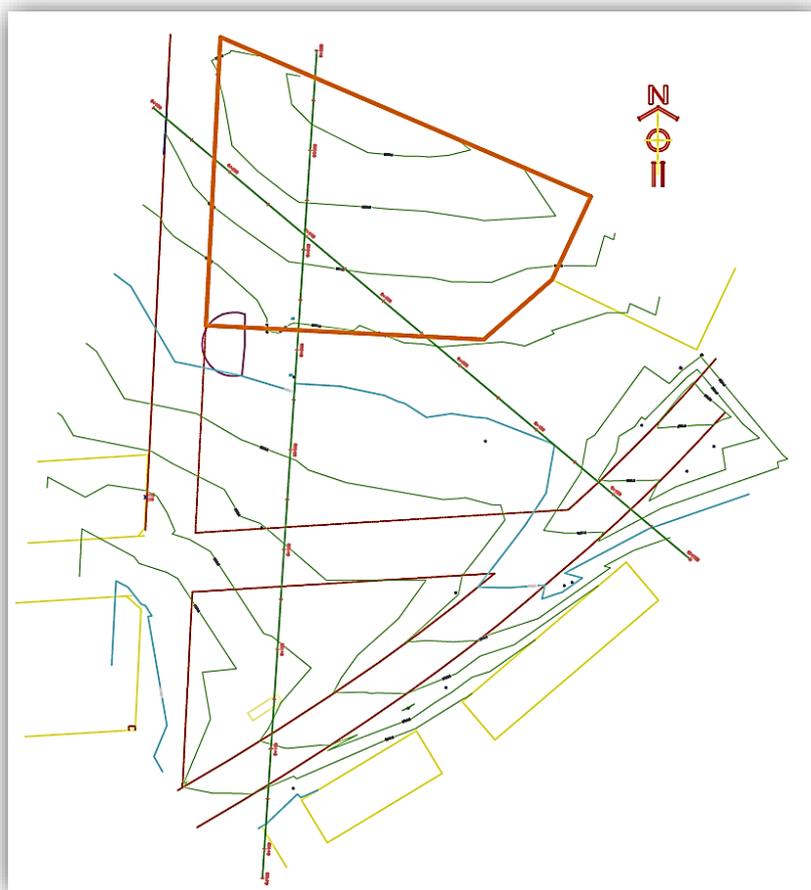
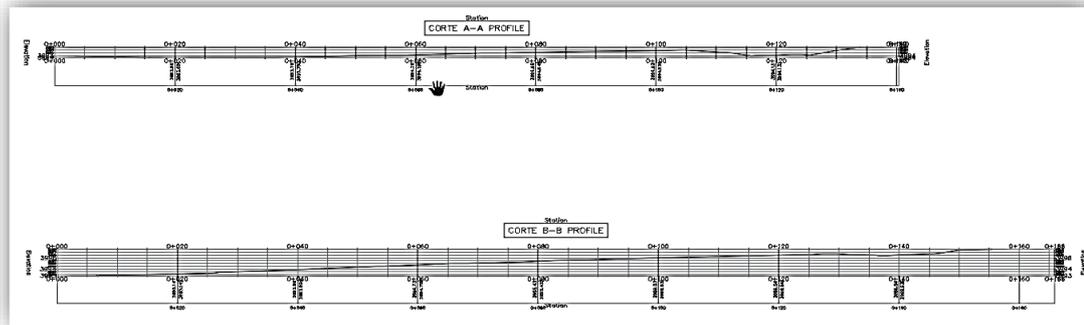


Figura 62: Curvas de nivel obtenidas a partir de levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

El desnivel topográfico llega hasta 0.50 m con referencia al jr. Sin nombre 0202 y la propiedad pública del municipio, con una pendiente aproximada del 1.20% y 1.50%.



*Figura 63: Perfil de corte A-A y B-B*

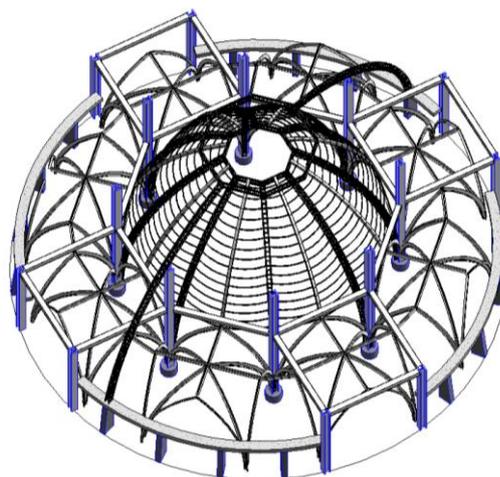
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.3. DISEÑO SIN PÉRDIDAS

#### 3.2.3.1 DISEÑO DEL PROCESO

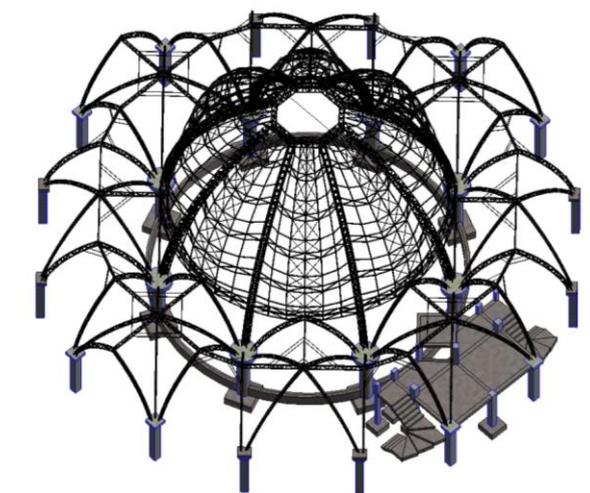
##### 3.2.3.1.1. DISEÑO ESTRUCTURAL

En esta etapa se realizaron múltiples alternativas de sistemas estructurales del anteproyecto arquitectónico, cada alternativa fue presentada al consultor del equipo técnico de Ingeniería, el diseño estructural desde ya se sabe que son evolutivos e iterativos, pero gracias a la constructabilidad y experiencia de los consultores se pudo definir el sistema estructural más funcional, resistente y económico para el proyecto, ahorrando el tiempo de iteración.



*Figura 64: Primera propuesta de cascaron interno de Templo*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 65: Sistema estructural final de cascarón interno del Templo*

*Fuente: Elaboración propia*

El cálculo estructural del bloque 1: TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO - ALTO PUNO, se ha realizado a partir del anteproyecto arquitectónico, el cual señala la forma y geometría inicial del proyecto. El planteamiento estructural no modifica lo arquitectónico adecuándose y respetando el anteproyecto. Según el planteamiento estructural satisface la funcionalidad y las exigencias estructurales considerando el proceso constructivo, funcionalidad en términos estructurales. Así mismo, la estructura analizada presenta un adecuado comportamiento – desempeño sísmico según lo estipulado en la norma sismorresistente E-30.

La concepción del modelo estructural pretende sintetizar las características reales del proyecto, con una configuración estructural capaz de resistir las distintas solicitaciones de carga a la que estará sometida la estructura durante su vida de servicio. El modelo considerado para el presente proyecto está representado por elementos tipo Frame y Shell, compuestas por el sistema de armaduras y cerchas metálicas, así como vigas y columnas en concreto armado.

El templo Niño Salvador del Mundo por estar compuesto por varias geometrías: una estructura en forma semiesférica en el exterior y estructuras en formas de bóvedas al

interior se divide en dos cascarones (cascarón externo y cascarón interno), para un adecuado desempeño sísmico y en cumplimiento de lo establecido por la Norma Técnica E-30. Así mismo, estos son caracterizados según la funcionalidad arquitectónica y estructuralmente adoptada de manera adecuada, y se menciona a continuación los cascarones y sus sistemas estructurales.

- Cascarón exterior: Sistema estructural, armaduras y cerchas con perfiles metálicos, vigas y columnas de concreto armado, con  $T=0.586$  seg. Estructuralmente muestra un adecuado comportamiento – desempeño sísmico. Así mismo, los componentes estructurales en conjunto, según el periodo fundamental y participación de masa, tienen una adecuada rigidez, resistencia y ductilidad, por lo cual se concluye que tiene un adecuado desempeño sísmico. Consecuentemente, los elementos no estructurales deberán ser asegurados según los detalles constructivos plasmados en los planos; los muros de 3 m de altura dispuestos en la base de la estructura semiesférica son confinados por columnas y vigas. La cobertura compuesta por una capa de fibrocemento, otra capa de impermeabilizante y una última capa de cerámico deben de tener especificaciones técnicas de aseguramiento. Cabe aclarar, que todo componente no estructural deberá ser verificada en la ejecución – instalación de las mismas garantizando su seguridad frente a eventos sísmicos.

- Cascarón interno: Sistema estructural, armaduras y cerchas con perfiles metálicos y columnas de concreto armado,  $T=0.41$  seg. De igual manera, estructuralmente muestra un adecuado comportamiento – desempeño sísmico. Así mismo, los componentes estructurales en conjunto, según el periodo fundamental y participación de masa, tienen una adecuada rigidez, resistencia y ductilidad, por lo cual se concluye que tiene un adecuado desempeño sísmico. La cobertura compuesta por madera MDF debe de tener especificaciones técnicas de aseguramiento. Cabe aclarar, que todo componente no

estructural deberá ser verificada en la ejecución – instalación de las mismas garantizando su seguridad frente a eventos sísmicos.

El análisis, modelamiento y diseño para la superestructura se desarrolló en el software SAP V19.2.1.

#### **3.2.3.1.1.1. ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO**

La estructuración consistió en establecer la ubicación y las características de los diferentes elementos estructurales (armaduras, cerchas, losas, vigas, columnas y muros) para poder proporcionar una adecuada rigidez a la estructura y así poder satisfacer los requerimientos de las cargas de gravedad y de sismos. La estructuración se realizó en base a los planos de arquitectura y teniendo como referencia una serie de criterios que se presentan a continuación.

El predimensionamiento de los elementos estructurales comprendió las características geométricas para determinar la robustez de estas, para que puedan cumplir su función prevista con un grado de seguridad razonable y a un costo mínimo en condición de servicio. Se desarrolló el predimensionamiento de los diferentes elementos estructurales considerando los criterios y recomendaciones que son de uso práctico además esta etapa es una de las más importantes en el proceso de diseño de la edificación ya que de no predimensionar correctamente se repite el ciclo.

La estructuración final cumple con todos los requisitos de continuidad, ductilidad, rigidez lateral, así mismo los elementos estructurales cumplen satisfactoriamente las secciones propuestas para su posterior análisis estructural, en el proceso de análisis se ha ido mejorando el modelo a analizar. Del predimensionamiento inicial ha variado en algunas secciones los perfiles metálicos en las armaduras y cerchas; del mismo modo en las columnas y vigas de concreto armado.

## A. CARGAS

### CARGAS ESTÁTICAS

Las cargas estáticas se aplican lentamente a la estructura que producen deformaciones graduales en la estructura, las cuales son mayores cuando las cargas son mayores. Entre las cargas estáticas, por lo común, se incluyen las cargas muertas, las cargas vivas y las fuerzas debidas al asentamiento de la cimentación o a la dilatación térmica.

### CARGAS MUERTAS

Carga Permanente o Muerta (D), que incluye el peso propio de la estructura, así como el peso de los elementos auxiliares y el material de cobertura.

#### *Cargas muertas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron interno*

##### **Cargas Muertas (DL)**

|  |   |       |                    |
|--|---|-------|--------------------|
| Peso de listones de madera (4cmx5cm)         | = | 0.001 | Ton/m <sup>2</sup> |
| Peso de cobertura madera MDF 2.14x2.44 e=8mm | = | 0.009 | Ton/m <sup>2</sup> |

#### *Cargas muertas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron externo*

##### **Cargas Muertas (DL)**

|   |   |       |                    |
|---|---|-------|--------------------|
| Peso de cobertura de fibrocemento 2.14mx2.44m<br>e=10mm | = | 0.014 | Ton/m <sup>2</sup> |
| Peso de cobertura de cerámica                           | = | 0.016 | Ton/m <sup>2</sup> |
| Peso de cúpula central                                  | = | 0.25  | Ton/m              |

### CARGAS VIVAS

Carga Viva (L), que considera las cargas vivas establecidas por la Norma Técnica E-20 de techo, básicamente incluye la posible acumulación de nieve, y además las cargas de montaje o proceso constructivo.

*Cargas vivas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron interno***Carga Viva (LL)**

Carga viva por montaje cubierta según RNE = 50 kg/m<sup>2</sup> (Techo curvo) RNE

*Cargas vivas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron externo***Carga Viva (LL)**

Carga viva por montaje cubierta según RNE = 0.05 Ton/m<sup>2</sup>

Carga viva por nieve = 0004 Ton/m<sup>2</sup>

**CARGAS DE SISMO**

Carga de Sismo (Q), que consiste en establecer las fuerzas horizontales que actuaran en la edificación, de acuerdo a los parámetros establecidos en las Normas Peruanas de Estructuras – Norma E-30.

Se realizó el cálculo según lo estipulado en la Norma Técnica de estructuras E.030 Diseño sísmoresistente. Así mismo se realizó un análisis sísmico dinámico (análisis espectral), ya que la estructura, por ser compleja, requiere un sistema de análisis más complejo y exacto. Para el cálculo de las fuerzas y los modos de vibración, se han considerado un análisis por separado para cada cascaron (externo e interno) ya que estos trabajan de manera independiente y se tomaron las siguientes consideraciones complementarias para ambos análisis sísmicos.

**Zonificación Sísmica: Factor Z**

La Norma NTE E.030, considera el territorio nacional dividido en cuatro zonas sísmicas. A cada una se le asigna una aceleración en la base rocosa, la que se denomina factor Z (aceleración máxima en la roca con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años). Esta aceleración corresponde al tiempo de exposición y peligro aceptados para edificios comunes. Para la zona que corresponde a este proyecto le corresponde el valor considerado de 0.35, que corresponde a Puno (ZONA 3).

**Condiciones geotécnicas: factor S y factor Tp**

La Norma NTE-E.030 considera cinco perfiles típicos, a los cuales les asocia un factor de amplificación S y parámetros TP y TL.

**Perfil tipo S<sub>0</sub>: Roca dura**

**Perfil tipo S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos**

**Perfil tipo S<sub>2</sub>: Suelos intermedios**

**Perfil tipo S<sub>3</sub>: Suelos blandos**

**Perfil tipo S<sub>4</sub>: Condiciones excepcionales**

El suelo sobre el cual está cimentado el módulo I “Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, posee un esfuerzo admisible de 3.08 Kg/cm<sup>2</sup> y el suelo sobre el cual estará cimentado el módulo II “Complejo Parroquial” posee un esfuerzo admisible de 2.34 Kg/cm<sup>2</sup>, valor que se obtuvo del estudio de suelos. Se califica al perfil del suelo como: S<sub>1</sub>, suelos muy rígidos y le corresponde el valor de S=1; y un valor de TP de 0.4s y un TL de 2.5s.

**Factor de amplificación sísmica: factor C**

La aceleración máxima que recibe una estructura en su cimentación (ZS) es amplificada por cada estructura en función de su periodo fundamental de vibración T. La Norma permite estimar la amplificación de aceleraciones de la respuesta estructural, respecto a la aceleración en el suelo mediante el factor C, además debe cumplirse  $C/R \geq 0.125$

**Categoría de las edificaciones, coeficiente de uso e importancia: U**

“Categoría de las Edificaciones”, se clasifica a las estructuras en cuatro categorías, a las que le asigna un valor de factor U. El edificio en análisis, clasifica en la categoría B: (Edificaciones importantes), asignándole un valor de  $U = 1.3$ .

### Sistemas estructurales, coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica: $R_0$

El Coeficiente de Reducción Sísmica  $R$ , permite diseñar las estructuras con fuerzas menores a las que soportarían de comportarse elásticamente durante el sismo de diseño, pero garantizando un comportamiento post-elástico adecuado. La Tabla N°06 de la Norma E.030, nos da los valores de  $R$ , para distintos sistemas estructurales. Tenemos así que para el proyecto:

Tabla 11: Coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica en sentido X y Y

|                  | <b>Sistema Estructural</b>                                    | <b><math>R_0</math> coeficiente básico</b> |
|------------------|---|--|
| <b>Sentido X</b> | Sistema Acero pórticos intermedios resistentes a momentos IMF | 7  |
| <b>Sentido Y</b> | Sistema Acero pórticos intermedios resistentes a momentos IMF | 7  |

Fuente: Elaboración propia

### Regularidad estructural

Estructuras regulares son las que no presentan las irregularidades indicadas en las tablas N° 8 y N° 9 de la Norma E.030 en su configuración resistente a cargas laterales.

Estructuras irregulares son aquellas que presentan una o más de las características indicadas en las tablas N° 8 y N° 9 de la Norma E 0.30.

### Factores de Irregularidad ( $I_a$ , $I_p$ )

El factor  $I_a$  se determinará con el menor de los valores de la tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades en planta. Los factores de irregularidad serán únicos en ambas direcciones de análisis. Si la estructura no presenta irregularidades en altura o en planta, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1

**Sistema de transferencia:**

En las zonas sísmicas 4, 3, y 2 no se permiten los sistemas de transferencia en los que más del 20% de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación.

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica se determina con el producto del coeficiente  $R_0$  y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Se tiene los factores de irregularidad del Cascaron externo con:

|         |      |
|---------|------|
| $I_a =$ | 1.00 |
| $I_p =$ | 0.90 |

Se tiene los factores de irregularidad del Cascaron interno con:

|         |      |
|---------|------|
| $I_a =$ | 1.00 |
| $I_p =$ | 0.90 |

**CARGAS DE SISMO EN LA ESTRUCTURA CASCARÓN INTERNO/EXTERNO**

ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030-2016

01 Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)

|                |           |
|----------------|-----------|
| Departamento : | O21_PUNO  |
| Provincia :    | O21_PUNO. |
| Distrito :     | 21_PUNO   |
| Zona Sísmica : | 3         |

$Z = 0.35 g$

02 Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil de Suelo Tipo :

$S = 1.00$

$T_p = 0.40$   
 $T_L = 2.50$

03 Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)

Categoría del Edificio :

$U = 1.3$

04 Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)

05 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)

Sistema Estructural :

$R_o = 7$

06 Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)

Irregularidad en Altura,  $l_a$  :

$l_a = 1.00$

Irregularidad en Planta,  $l_p$  :

$l_p = 0.90$

07 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.8)

$R = R_o \times l_a \times l_p = 6.3$

08 Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño ( $S_a/g$ )

$S_a = \frac{Z U C S}{R} g$

|       |      |
|-------|------|
| Z     | 0.35 |
| U     | 1.30 |
| S     | 1.00 |
| $T_p$ | 0.40 |
| $T_L$ | 2.50 |
| R     | 6.30 |

$T < T_p \quad C = 2,5$

$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$

$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

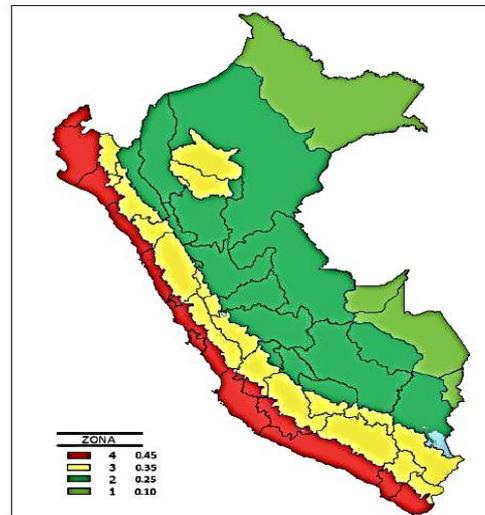
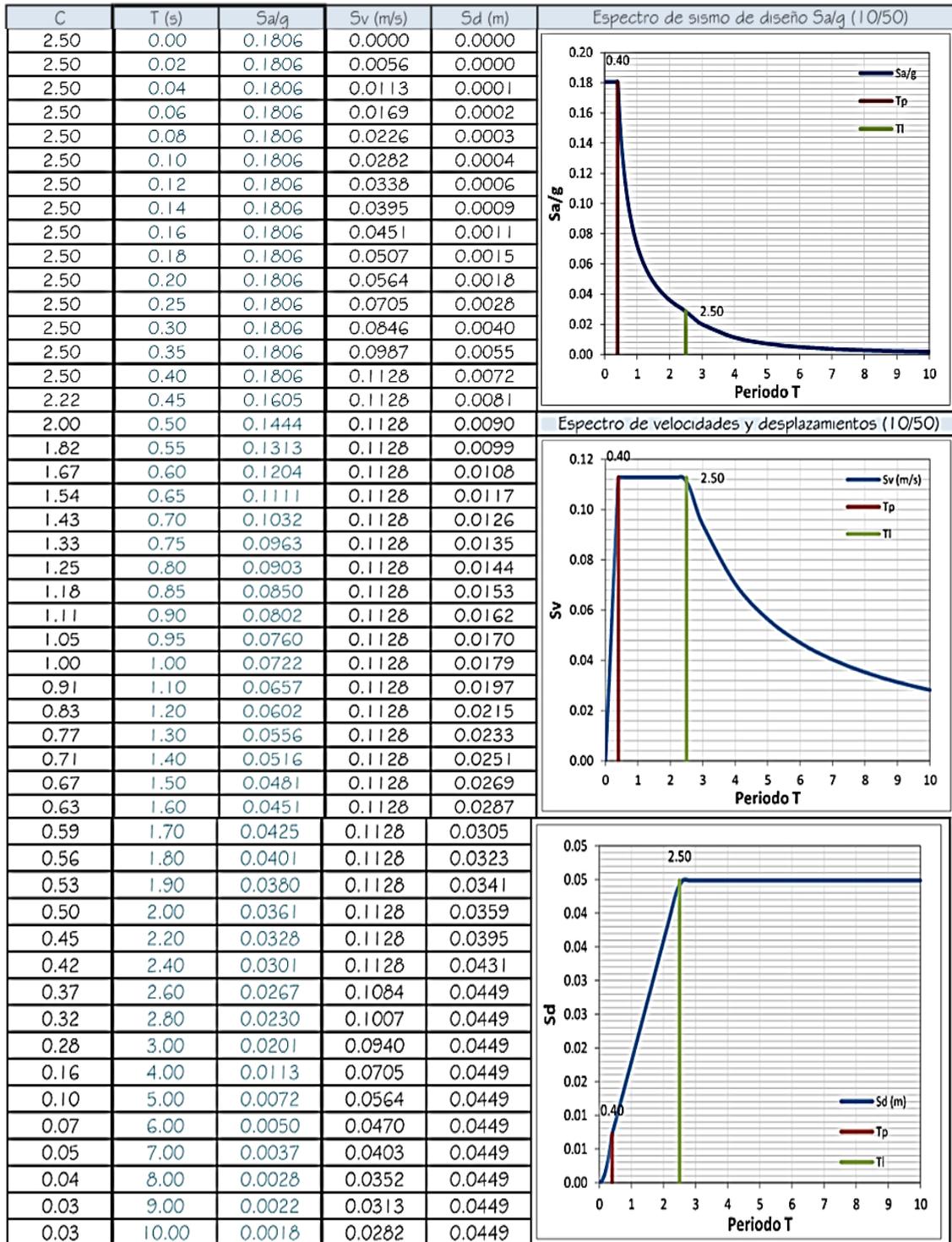


Tabla 12: Procedimiento para obtención de espectro



Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs y Sap2000. Ya que los valores de las aceleraciones no incluyen el valor de la aceleración de la gravedad, el factor de escala en el programa deberá ser igual a 9.81

Fuente: Elaboración propia

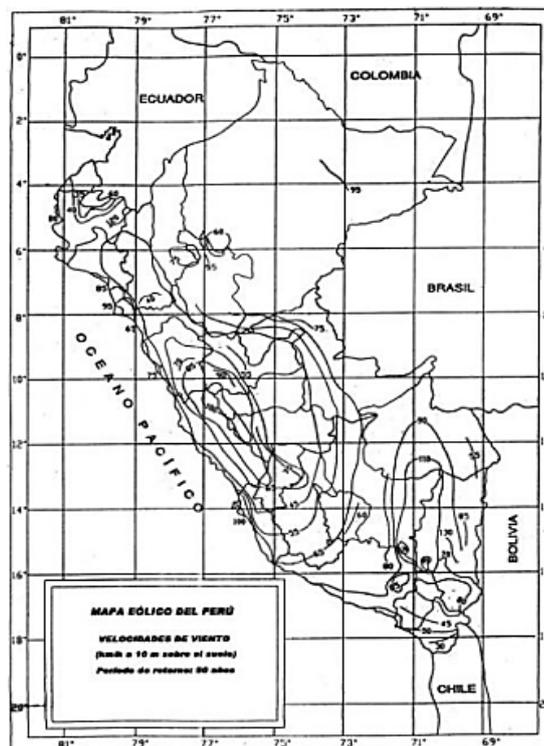
**CARGAS DE VIENTO**

DATOS:

Clasificación de la edificación : Tipo 3

Velocidad del viento  $V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22}$ 

Donde:

 $V_h$ = Velocidad de diseño en la altura  $h$  en Km/h $V$ = Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h $h$ = Altura sobre el terreno en metros*Figura 66: Mapa Eólico del Perú**Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones*

De acuerdo al mapa eólico del Perú la velocidad que le corresponde a nuestro departamento es de 85 Km /h:

$$V_h = 85 \left( \frac{17.15}{10} \right)^{0.22}$$

$$V_h = 95.71 \text{ km/h}$$

Carga exterior de viento:

$$P_h = 0,005 \times C \times V_h^2$$

**Donde:**

Ph: Presión o succión del viento a una altura h en Kg/m<sup>2</sup>

C: Factor de forma adimensional indicado en la Tabla

Vh: Velocidad de diseño a la altura h, en km/h

*Tabla 13: Factores de forma*

| Construcción   | Barlovento | Sotavento |
|--|------------|-----------|
| Superficies verticales de Edificios  | +0.8       | -0.6      |
| Anuncios, muros aislados, Elementos con una dimensión corta en la dirección del viento     | +1.5       |           |
| Tanques de Agua, Chimeneas y otros de sección circular o elíptica                          | +0.7       |           |
| Tanques de Agua, Chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular                       | +2         |           |
| Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°           | ±0.8       | -0.5      |
| Superficies inclinadas a 15° o menos   | +0.3-0.7   | -0.6      |
| Superficies inclinadas entre 15° y 60°   | +0.7-0.3   | -0.6      |
| Superficies inclinadas entre 60° y la vertical   | +0.8       | -0.6      |
| Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas), paralelas a la dirección del viento | -0.7       | -0.7      |

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones*

Barlovento  $Ph = 0,005 \times \pm 0.8 \times 90.08^2$

$Ph = 0.005 \times \pm 0.8 \times 95.71^2 = 36.6416164 \text{ Kg/m}^2$

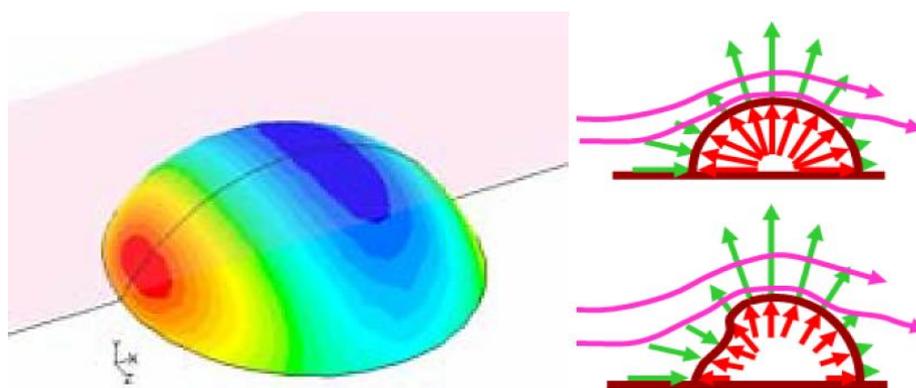
$Ph = \pm 36.64 \text{ Kg/m}^2$

Sotavento  $Ph = 0,005 \times -0,5 \times 90,08^2$

$Ph = 0.005 \times -0.5 \times 95.71^2$

-22.90101025

$Ph = -23 \text{ Kg/m}^2$



*Figura 67: Distribución de presiones y succiones de la cubierta tipo domo, observe que la presión es local y la succión actúa en la mayor parte de la superficie del domo*

*Fuente: Elaboración propia*

Los domos debido a la regularidad de su superficie presentan una forma aerodinámica, por lo que ofrecen una menor resistencia al viento. Al llegar el viento, este ejerce presión al chocar con la superficie, luego se genera un vacío, lo que provoca que en la parte superior ocurra una succión la cual en el caso del domo presentado se mantiene hasta el final, pero variando de valor.

### 3.2.3.1.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se realiza el análisis de las edificaciones para cada componente del proyecto, y se realiza con el programa SAP2000; donde se introduce la geometría de la estructuración, las propiedades de los materiales, los elementos con sus secciones, las cargas que actúan sobre estas, y las combinaciones de cargas.

-Análisis cascarón interior

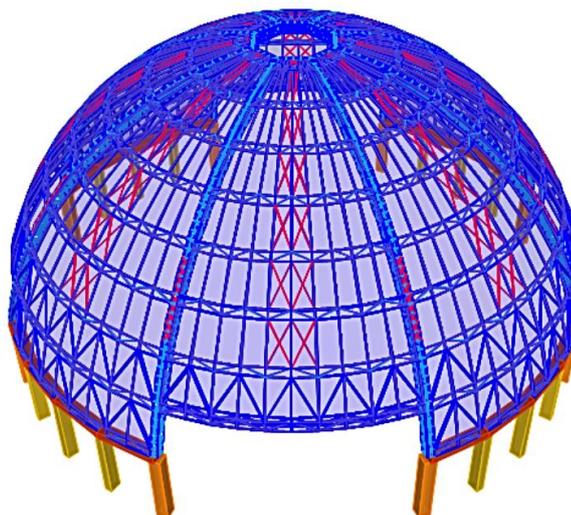
- Análisis Cúpula central
- Análisis Ojivales

-Análisis Cascarón exterior

### ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN

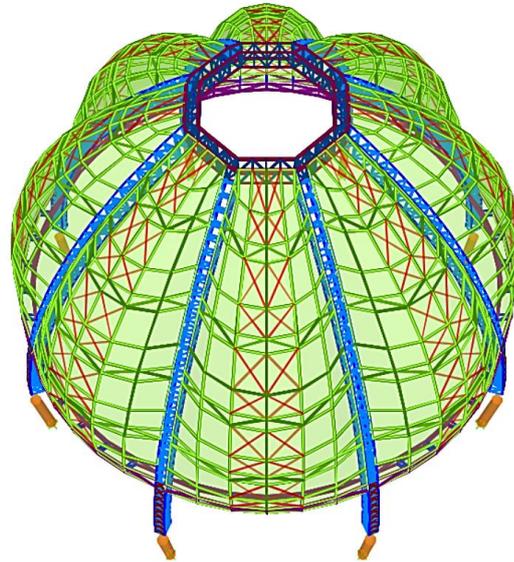
En las imágenes siguientes se muestra la forma en que fue estructurada la edificación.

#### CASCARÓN EXTERNO



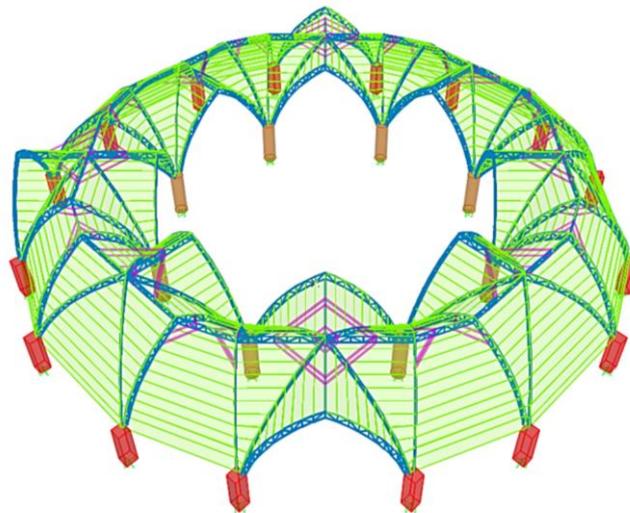
*Figura 68: Modelo 3D del cascarón externo*

*Fuente: Elaboración propia*

**CASCARÓN INTERNO***Cúpula central*

*Figura 69: Modelo 3D de Cúpula central (Cascarón interno)*

*Fuente: Elaboración propia*

*Bóvedas ojivales*

*Figura 70: Modelo 3D de bóvedas ojivales (Cascarón interno)*

*Fuente: Elaboración propia*

**ANÁLISIS SÍSMICO**

**CASCARON EXTERNO**

*Tabla 14: Modos de vibrar y participación modal, Cascarón externo*

| MODO | Período      | UX            | UY            | MODO | Período | UX     | UY     |
|------|--------------|---------------|---------------|------|---------|--------|--------|
| 1    | <b>0.586</b> | 0.0341        | <b>0.3216</b> | 101  | 0.135   | 0.0000 | 0.0004 |
| 2    | <b>0.586</b> | <b>0.3216</b> | 0.0341        | 102  | 0.134   | 0.0001 | 0.0000 |
| 3    | 0.393        | 0.0000        | 0.0000        | 103  | 0.134   | 0.0000 | 0.0001 |
| 4    | 0.384        | 0.0001        | 0.0000        | 104  | 0.133   | 0.0000 | 0.0000 |
| 5    | 0.384        | 0.0000        | 0.0001        | 105  | 0.133   | 0.0000 | 0.0000 |
| 6    | 0.382        | 0.0000        | 0.0000        | 106  | 0.129   | 0.0003 | 0.0003 |
| 7    | 0.371        | 0.0000        | 0.0000        | 107  | 0.129   | 0.0054 | 0.0027 |
| 8    | 0.368        | 0.0009        | 0.0000        | 108  | 0.129   | 0.0023 | 0.0054 |
| 9    | 0.368        | 0.0000        | 0.0009        | 109  | 0.127   | 0.0000 | 0.0000 |
| 10   | 0.365        | 0.0000        | 0.0000        | 110  | 0.126   | 0.0003 | 0.0000 |
| 11   | 0.359        | 0.0000        | 0.0000        | 111  | 0.126   | 0.0000 | 0.0001 |
| 12   | 0.336        | 0.0000        | 0.0000        | 112  | 0.125   | 0.0000 | 0.0000 |
| 13   | 0.335        | 0.0000        | 0.0000        | 113  | 0.124   | 0.0000 | 0.0000 |
| 14   | 0.332        | 0.0000        | 0.0000        | 114  | 0.123   | 0.0000 | 0.0000 |
| 15   | 0.309        | 0.0154        | 0.0188        | 115  | 0.123   | 0.0015 | 0.0000 |
| 16   | 0.309        | 0.0188        | 0.0155        | 116  | 0.123   | 0.0000 | 0.0013 |
| 17   | 0.261        | 0.0000        | 0.0000        | 117  | 0.121   | 0.0007 | 0.0005 |
| 18   | 0.258        | 0.0069        | 0.0019        | 118  | 0.120   | 0.0005 | 0.0007 |
| 19   | 0.258        | 0.0018        | 0.0073        | 119  | 0.119   | 0.0078 | 0.0160 |
| 20   | 0.256        | 0.0000        | 0.0000        | 120  | 0.119   | 0.0161 | 0.0079 |
| 21   | 0.254        | 0.0000        | 0.0000        | 121  | 0.119   | 0.0000 | 0.0000 |
| 22   | 0.251        | 0.0000        | 0.0217        | 122  | 0.117   | 0.0000 | 0.0000 |
| 23   | 0.251        | 0.0208        | 0.0000        | 123  | 0.116   | 0.0000 | 0.0000 |
| 24   | 0.249        | 0.0002        | 0.0000        | 124  | 0.114   | 0.0001 | 0.0001 |
| 25   | 0.243        | 0.0001        | 0.0000        | 125  | 0.114   | 0.0001 | 0.0001 |
| 26   | 0.238        | 0.0000        | 0.0000        | 126  | 0.114   | 0.0000 | 0.0000 |
| 27   | 0.235        | 0.0005        | 0.0003        | 127  | 0.113   | 0.0007 | 0.0008 |
| 28   | 0.233        | 0.1007        | 0.0579        | 128  | 0.113   | 0.0008 | 0.0007 |
| 29   | 0.233        | 0.0600        | 0.0994        | 129  | 0.111   | 0.0000 | 0.0000 |
| 30   | 0.225        | 0.0790        | 0.0026        | 130  | 0.110   | 0.0000 | 0.0000 |
| 31   | 0.224        | 0.0020        | 0.0822        | 131  | 0.110   | 0.0001 | 0.0000 |
| 32   | 0.215        | 0.0000        | 0.0000        | 132  | 0.110   | 0.0003 | 0.0000 |
| 33   | 0.213        | 0.0006        | 0.0000        | 133  | 0.110   | 0.0000 | 0.0000 |
| 34   | 0.213        | 0.0075        | 0.0006        | 134  | 0.110   | 0.0000 | 0.0001 |
| 35   | 0.213        | 0.0006        | 0.0072        | 135  | 0.109   | 0.0000 | 0.0000 |
| 36   | 0.209        | 0.0000        | 0.0000        | 136  | 0.108   | 0.0000 | 0.0003 |

| <b>MODO</b><br>(...continuación) | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|----------------------------------|----------------|-----------|-----------|
| 37                               | 0.207          | 0.0028    | 0.0004    |
| 38                               | 0.207          | 0.0138    | 0.0076    |
| 39                               | 0.207          | 0.0060    | 0.0144    |
| 40                               | 0.204          | 0.0000    | 0.0000    |
| 41                               | 0.203          | 0.0000    | 0.0000    |
| 42                               | 0.202          | 0.0025    | 0.0061    |
| 43                               | 0.202          | 0.0066    | 0.0028    |
| 44                               | 0.200          | 0.0001    | 0.0002    |
| 45                               | 0.199          | 0.0000    | 0.0000    |
| 46                               | 0.198          | 0.0000    | 0.0001    |
| 47                               | 0.198          | 0.0000    | 0.0000    |
| 48                               | 0.197          | 0.0000    | 0.0000    |
| 49                               | 0.194          | 0.0000    | 0.0000    |
| 50                               | 0.189          | 0.0058    | 0.0054    |
| 51                               | 0.189          | 0.0062    | 0.0063    |
| 52                               | 0.187          | 0.0000    | 0.0000    |
| 53                               | 0.186          | 0.0000    | 0.0000    |
| 54                               | 0.186          | 0.0002    | 0.0002    |
| 55                               | 0.183          | 0.0016    | 0.0000    |
| 56                               | 0.183          | 0.0003    | 0.0012    |
| 57                               | 0.182          | 0.0192    | 0.0270    |
| 58                               | 0.182          | 0.0265    | 0.0196    |
| 59                               | 0.181          | 0.0000    | 0.0000    |
| 60                               | 0.176          | 0.0000    | 0.0000    |
| 61                               | 0.175          | 0.0007    | 0.0001    |
| 62                               | 0.175          | 0.0003    | 0.0048    |
| 63                               | 0.175          | 0.0040    | 0.0005    |
| 64                               | 0.174          | 0.0000    | 0.0000    |
| 65                               | 0.172          | 0.0179    | 0.0017    |
| 66                               | 0.172          | 0.0017    | 0.0175    |
| 67                               | 0.171          | 0.0000    | 0.0000    |
| 68                               | 0.170          | 0.0000    | 0.0000    |
| 69                               | 0.170          | 0.0000    | 0.0000    |
| 70                               | 0.167          | 0.0000    | 0.0000    |
| 71                               | 0.167          | 0.0000    | 0.0000    |
| 72                               | 0.167          | 0.0000    | 0.0000    |
| 73                               | 0.166          | 0.0000    | 0.0000    |
| 74                               | 0.165          | 0.0000    | 0.0000    |
| 75                               | 0.163          | 0.0001    | 0.0001    |
| 76                               | 0.163          | 0.0029    | 0.0034    |
| 77                               | 0.163          | 0.0032    | 0.0026    |
| 78                               | 0.159          | 0.0000    | 0.0000    |

| <b>MODO</b> | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|-------------|----------------|-----------|-----------|
| 137         | 0.108          | 0.0001    | 0.0000    |
| 138         | 0.108          | 0.0004    | 0.0000    |
| 139         | 0.107          | 0.0000    | 0.0000    |
| 140         | 0.107          | 0.0000    | 0.0003    |
| 141         | 0.107          | 0.0002    | 0.0000    |
| 142         | 0.107          | 0.0000    | 0.0000    |
| 143         | 0.107          | 0.0000    | 0.0000    |
| 144         | 0.106          | 0.0000    | 0.0000    |
| 145         | 0.106          | 0.0000    | 0.0000    |
| 146         | 0.105          | 0.0000    | 0.0000    |
| 147         | 0.105          | 0.0000    | 0.0000    |
| 148         | 0.104          | 0.0000    | 0.0000    |
| 149         | 0.103          | 0.0000    | 0.0000    |
| 150         | 0.103          | 0.0000    | 0.0000    |
| 151         | 0.103          | 0.0000    | 0.0000    |
| 152         | 0.103          | 0.0003    | 0.0000    |
| 153         | 0.103          | 0.0003    | 0.0003    |
| 154         | 0.103          | 0.0002    | 0.0005    |
| 155         | 0.102          | 0.0000    | 0.0000    |
| 156         | 0.102          | 0.0000    | 0.0000    |
| 157         | 0.102          | 0.0000    | 0.0000    |
| 158         | 0.102          | 0.0000    | 0.0000    |
| 159         | 0.101          | 0.0000    | 0.0005    |
| 160         | 0.101          | 0.0001    | 0.0000    |
| 161         | 0.101          | 0.0011    | 0.0008    |
| 162         | 0.101          | 0.0003    | 0.0003    |
| 163         | 0.101          | 0.0005    | 0.0005    |
| 164         | 0.101          | 0.0000    | 0.0001    |
| 165         | 0.100          | 0.0000    | 0.0000    |
| 166         | 0.099          | 0.0001    | 0.0029    |
| 167         | 0.099          | 0.0029    | 0.0001    |
| 168         | 0.099          | 0.0000    | 0.0000    |
| 169         | 0.098          | 0.0012    | 0.0000    |
| 170         | 0.098          | 0.0000    | 0.0011    |
| 171         | 0.097          | 0.0000    | 0.0003    |
| 172         | 0.097          | 0.0000    | 0.0000    |
| 173         | 0.097          | 0.0000    | 0.0000    |
| 174         | 0.096          | 0.0000    | 0.0000    |
| 175         | 0.096          | 0.0000    | 0.0000    |
| 176         | 0.096          | 0.0000    | 0.0000    |
| 177         | 0.095          | 0.0015    | 0.0000    |
| 178         | 0.094          | 0.0000    | 0.0013    |

| MODO<br>(...continuación) | Período | UX     | UY     | MODO | Período | UX     | UY     |
|---------------------------|---------|--------|--------|------|---------|--------|--------|
| 79                        | 0.158   | 0.0718 | 0.0200 | 179  | 0.094   | 0.0000 | 0.0000 |
| 80                        | 0.158   | 0.0195 | 0.0717 | 180  | 0.094   | 0.0000 | 0.0000 |
| 81                        | 0.157   | 0.0000 | 0.0000 | 181  | 0.094   | 0.0000 | 0.0000 |
| 82                        | 0.153   | 0.0001 | 0.0000 | 182  | 0.092   | 0.0004 | 0.0029 |
| 83                        | 0.153   | 0.0198 | 0.0112 | 183  | 0.092   | 0.0030 | 0.0004 |
| 84                        | 0.153   | 0.0114 | 0.0197 | 184  | 0.091   | 0.0000 | 0.0000 |
| 85                        | 0.152   | 0.0001 | 0.0001 | 185  | 0.091   | 0.0000 | 0.0000 |
| 86                        | 0.152   | 0.0002 | 0.0003 | 186  | 0.090   | 0.0000 | 0.0000 |
| 87                        | 0.146   | 0.0000 | 0.0000 | 187  | 0.090   | 0.0000 | 0.0000 |
| 88                        | 0.145   | 0.0000 | 0.0000 | 188  | 0.089   | 0.0000 | 0.0018 |
| 89                        | 0.143   | 0.0000 | 0.0000 | 189  | 0.089   | 0.0014 | 0.0001 |
| 90                        | 0.140   | 0.0000 | 0.0000 | 190  | 0.089   | 0.0002 | 0.0000 |
| 91                        | 0.140   | 0.0001 | 0.0000 | 191  | 0.089   | 0.0001 | 0.0002 |
| 92                        | 0.140   | 0.0000 | 0.0001 | 192  | 0.089   | 0.0002 | 0.0000 |
| 93                        | 0.139   | 0.0000 | 0.0000 | 193  | 0.089   | 0.0000 | 0.0000 |
| 94                        | 0.139   | 0.0000 | 0.0000 | 194  | 0.089   | 0.0001 | 0.0000 |
| 95                        | 0.138   | 0.0000 | 0.0000 | 195  | 0.089   | 0.0001 | 0.0004 |
| 96                        | 0.137   | 0.0000 | 0.0000 | 196  | 0.088   | 0.0001 | 0.0001 |
| 97                        | 0.136   | 0.0001 | 0.0000 | 197  | 0.088   | 0.0003 | 0.0000 |
| 98                        | 0.136   | 0.0000 | 0.0001 | 198  | 0.088   | 0.0000 | 0.0000 |
| 99                        | 0.135   | 0.0000 | 0.0000 | 199  | 0.088   | 0.0020 | 0.0003 |
| 100                       | 0.135   | 0.0004 | 0.0000 | 200  | 0.088   | 0.0003 | 0.0020 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón externo en sentido X y Y

| Espectro | Dir | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY | GlobalMZ |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |     | Ton      | Ton      | Ton      | Ton-m    | Ton-m    | Ton-m    |
| E        | X   | 26,66    | 0,04     | 6,79     | 114,02   | 277,69   | 447,64   |
| E        | Y   | 0,05     | 26,65    | 6,79     | 279,64   | 108,78   | 426,46   |

Fuente: Elaboración propia

**Masa considerada**

$$\begin{aligned}
 \text{Masa}_x &= \text{Masa}_y = 0,87 \text{ t} - \text{s}^2/\text{m} \\
 \Rightarrow \text{Peso considerado} &= 8,48985 \text{ t} \quad (\text{Incluye : DL+ 0.25LL})
 \end{aligned}$$

**Cortante basal del análisis estático**

$$\begin{aligned}
 \text{Tx} &= 29,05 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table: Base Reaction)} \\
 \text{Ty} &= 29,05 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table: Base Reaction)}
 \end{aligned}$$

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico de la edificación y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

Tabla 16: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón externo

| Dir | V dinámico<br>t | V estático<br>t | 80%V <sub>estático</sub> | V <sub>din</sub> <80%V <sub>est</sub> | f    | Estado                    |
|-----|-----------------|-----------------|--------------------------|---------------------------------------|------|---------------------------|
| X-X | 26,66           | 29,05           | 23,24                    | NO                                    | 1,00 | No Requiere amplificación |
| Y-Y | 26,65           | 29,05           | 23,24                    | NO                                    | 1,00 | No Requiere amplificación |

Fuente: Elaboración propia

### CASCARÓN INTERNO (CÚPULA CENTRAL)

Tabla 17: Modos de vibrar y participación modal, Cúpula Central

| MODO | Período      | UX            | UY            | MODO | Período | UX     | UY     |
|------|--------------|---------------|---------------|------|---------|--------|--------|
| 1    | <b>0,723</b> | <b>0,7841</b> | 0,0004        | 101  | 0,079   | 0,0006 | 0,0003 |
| 2    | <b>0,722</b> | 0,0004        | <b>0,7855</b> | 102  | 0,079   | 0,0001 | 0,0000 |
| 3    | 0,563        | 0,0000        | 0,0000        | 103  | 0,078   | 0,0000 | 0,0018 |
| 4    | 0,551        | 0,0002        | 0,0003        | 104  | 0,078   | 0,0029 | 0,0002 |
| 5    | 0,541        | 0,0000        | 0,0000        | 105  | 0,078   | 0,0002 | 0,0006 |
| 6    | 0,536        | 0,0000        | 0,0001        | 106  | 0,077   | 0,0002 | 0,0000 |
| 7    | 0,494        | 0,0000        | 0,0000        | 107  | 0,077   | 0,0001 | 0,0037 |
| 8    | 0,485        | 0,0000        | 0,0000        | 108  | 0,076   | 0,0008 | 0,0003 |
| 9    | 0,382        | 0,0004        | 0,0255        | 109  | 0,076   | 0,0002 | 0,0005 |
| 10   | 0,381        | 0,0266        | 0,0004        | 110  | 0,076   | 0,0000 | 0,0003 |
| 11   | 0,266        | 0,0000        | 0,0000        | 111  | 0,076   | 0,0021 | 0,0042 |
| 12   | 0,262        | 0,0000        | 0,0000        | 112  | 0,076   | 0,0000 | 0,0040 |
| 13   | 0,259        | 0,0000        | 0,0000        | 113  | 0,075   | 0,0012 | 0,0000 |
| 14   | 0,258        | 0,0000        | 0,0000        | 114  | 0,075   | 0,0034 | 0,0012 |
| 15   | 0,257        | 0,0000        | 0,0000        | 115  | 0,075   | 0,0003 | 0,0000 |
| 16   | 0,252        | 0,0000        | 0,0001        | 116  | 0,075   | 0,0005 | 0,0004 |
| 17   | 0,243        | 0,0000        | 0,0000        | 117  | 0,075   | 0,0004 | 0,0011 |
| 18   | 0,242        | 0,0000        | 0,0000        | 118  | 0,075   | 0,0000 | 0,0001 |
| 19   | 0,237        | 0,0001        | 0,0000        | 119  | 0,074   | 0,0000 | 0,0001 |
| 20   | 0,224        | 0,0000        | 0,0004        | 120  | 0,074   | 0,0002 | 0,0000 |
| 21   | 0,223        | 0,0003        | 0,0000        | 121  | 0,074   | 0,0002 | 0,0001 |
| 22   | 0,222        | 0,0001        | 0,0000        | 122  | 0,074   | 0,0000 | 0,0002 |
| 23   | 0,219        | 0,0000        | 0,0000        | 123  | 0,074   | 0,0030 | 0,0001 |
| 24   | 0,218        | 0,0000        | 0,0000        | 124  | 0,074   | 0,0046 | 0,0000 |

| <b>MODO</b><br>(...continuación) | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|----------------------------------|----------------|-----------|-----------|
| 25                               | 0,213          | 0,0000    | 0,0001    |
| 26                               | 0,203          | 0,0002    | 0,0000    |
| 27                               | 0,201          | 0,0000    | 0,0011    |
| 28                               | 0,197          | 0,0004    | 0,0033    |
| 29                               | 0,196          | 0,0065    | 0,0000    |
| 30                               | 0,187          | 0,0004    | 0,0090    |
| 31                               | 0,186          | 0,0059    | 0,0006    |
| 32                               | 0,181          | 0,0016    | 0,0001    |
| 33                               | 0,178          | 0,0000    | 0,0000    |
| 34                               | 0,177          | 0,0000    | 0,0000    |
| 35                               | 0,176          | 0,0003    | 0,0000    |
| 36                               | 0,172          | 0,0000    | 0,0000    |
| 37                               | 0,169          | 0,0000    | 0,0000    |
| 38                               | 0,167          | 0,0000    | 0,0000    |
| 39                               | 0,167          | 0,0001    | 0,0000    |
| 40                               | 0,164          | 0,0000    | 0,0002    |
| 41                               | 0,163          | 0,0000    | 0,0005    |
| 42                               | 0,162          | 0,0037    | 0,0097    |
| 43                               | 0,162          | 0,0097    | 0,0039    |
| 44                               | 0,161          | 0,0005    | 0,0000    |
| 45                               | 0,161          | 0,0000    | 0,0003    |
| 46                               | 0,158          | 0,0013    | 0,0001    |
| 47                               | 0,156          | 0,0012    | 0,0007    |
| 48                               | 0,155          | 0,0004    | 0,0001    |
| 49                               | 0,140          | 0,0000    | 0,0147    |
| 50                               | 0,139          | 0,0129    | 0,0000    |
| 51                               | 0,134          | 0,0000    | 0,0001    |
| 52                               | 0,128          | 0,0005    | 0,0000    |
| 53                               | 0,125          | 0,0000    | 0,0000    |
| 54                               | 0,125          | 0,0002    | 0,0001    |
| 55                               | 0,124          | 0,0049    | 0,0030    |
| 56                               | 0,122          | 0,0028    | 0,0063    |
| 57                               | 0,119          | 0,0000    | 0,0000    |
| 58                               | 0,119          | 0,0001    | 0,0000    |
| 59                               | 0,118          | 0,0001    | 0,0001    |
| 60                               | 0,116          | 0,0003    | 0,0001    |
| 61                               | 0,115          | 0,0002    | 0,0000    |
| 62                               | 0,115          | 0,0000    | 0,0000    |
| 63                               | 0,114          | 0,0000    | 0,0000    |
| 64                               | 0,113          | 0,0006    | 0,0000    |
| 65                               | 0,113          | 0,0001    | 0,0000    |

| <b>MODO</b> | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|-------------|----------------|-----------|-----------|
| 125         | 0,074          | 0,0212    | 0,0001    |
| 126         | 0,074          | 0,0027    | 0,0175    |
| 127         | 0,073          | 0,0027    | 0,0145    |
| 128         | 0,073          | 0,0011    | 0,0002    |
| 129         | 0,072          | 0,0000    | 0,0002    |
| 130         | 0,072          | 0,0000    | 0,0000    |
| 131         | 0,072          | 0,0003    | 0,0001    |
| 132         | 0,072          | 0,0012    | 0,0002    |
| 133         | 0,072          | 0,0001    | 0,0005    |
| 134         | 0,072          | 0,0001    | 0,0002    |
| 135         | 0,072          | 0,0000    | 0,0001    |
| 136         | 0,072          | 0,0008    | 0,0007    |
| 137         | 0,071          | 0,0000    | 0,0009    |
| 138         | 0,071          | 0,0003    | 0,0014    |
| 139         | 0,071          | 0,0011    | 0,0006    |
| 140         | 0,070          | 0,0001    | 0,0005    |
| 141         | 0,070          | 0,0000    | 0,0047    |
| 142         | 0,070          | 0,0060    | 0,0000    |
| 143         | 0,069          | 0,0041    | 0,0000    |
| 144         | 0,068          | 0,0004    | 0,0002    |
| 145         | 0,068          | 0,0000    | 0,0000    |
| 146         | 0,068          | 0,0004    | 0,0000    |
| 147         | 0,068          | 0,0005    | 0,0004    |
| 148         | 0,067          | 0,0014    | 0,0000    |
| 149         | 0,067          | 0,0000    | 0,0004    |
| 150         | 0,066          | 0,0014    | 0,0084    |
| 151         | 0,066          | 0,0051    | 0,0027    |
| 152         | 0,066          | 0,0002    | 0,0005    |
| 153         | 0,066          | 0,0004    | 0,0003    |
| 154         | 0,065          | 0,0009    | 0,0000    |
| 155         | 0,065          | 0,0002    | 0,0011    |
| 156         | 0,065          | 0,0000    | 0,0018    |
| 157         | 0,065          | 0,0013    | 0,0000    |
| 158         | 0,064          | 0,0002    | 0,0000    |
| 159         | 0,064          | 0,0000    | 0,0000    |
| 160         | 0,064          | 0,0000    | 0,0001    |
| 161         | 0,064          | 0,0000    | 0,0000    |
| 162         | 0,064          | 0,0004    | 0,0000    |
| 163         | 0,063          | 0,0000    | 0,0000    |
| 164         | 0,063          | 0,0000    | 0,0000    |
| 165         | 0,063          | 0,0002    | 0,0001    |

| <b>MODO</b><br>(...continuación) | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|----------------------------------|----------------|-----------|-----------|
| 66                               | 0,112          | 0,0001    | 0,0001    |
| 67                               | 0,107          | 0,0001    | 0,0002    |
| 68                               | 0,106          | 0,0037    | 0,0008    |
| 69                               | 0,106          | 0,0009    | 0,0033    |
| 70                               | 0,097          | 0,0000    | 0,0000    |
| 71                               | 0,096          | 0,0001    | 0,0000    |
| 72                               | 0,092          | 0,0004    | 0,0002    |
| 73                               | 0,092          | 0,0000    | 0,0000    |
| 74                               | 0,092          | 0,0000    | 0,0000    |
| 75                               | 0,091          | 0,0011    | 0,0021    |
| 76                               | 0,091          | 0,0027    | 0,0000    |
| 77                               | 0,090          | 0,0002    | 0,0003    |
| 78                               | 0,090          | 0,0029    | 0,0082    |
| 79                               | 0,090          | 0,0003    | 0,0097    |
| 80                               | 0,090          | 0,0001    | 0,0000    |
| 81                               | 0,089          | 0,0107    | 0,0000    |
| 82                               | 0,087          | 0,0030    | 0,0004    |
| 83                               | 0,087          | 0,0000    | 0,0000    |
| 84                               | 0,087          | 0,0005    | 0,0001    |
| 85                               | 0,086          | 0,0004    | 0,0009    |
| 86                               | 0,086          | 0,0003    | 0,0000    |
| 87                               | 0,086          | 0,0000    | 0,0002    |
| 88                               | 0,085          | 0,0000    | 0,0001    |
| 89                               | 0,083          | 0,0000    | 0,0007    |
| 90                               | 0,083          | 0,0001    | 0,0001    |
| 91                               | 0,083          | 0,0003    | 0,0004    |
| 92                               | 0,082          | 0,0000    | 0,0009    |
| 93                               | 0,082          | 0,0001    | 0,0024    |
| 94                               | 0,082          | 0,0056    | 0,0001    |
| 95                               | 0,081          | 0,0004    | 0,0001    |
| 96                               | 0,081          | 0,0001    | 0,0001    |
| 97                               | 0,080          | 0,0000    | 0,0007    |
| 98                               | 0,079          | 0,0000    | 0,0016    |
| 99                               | 0,079          | 0,0004    | 0,0000    |
| 100                              | 0,079          | 0,0001    | 0,0001    |

*Fuente: Elaboración propia*

| <b>MODO</b> | <b>Período</b> | <b>UX</b> | <b>UY</b> |
|-------------|----------------|-----------|-----------|
| 166         | 0,063          | 0,0001    | 0,0000    |
| 167         | 0,063          | 0,0000    | 0,0000    |
| 168         | 0,063          | 0,0000    | 0,0000    |
| 169         | 0,062          | 0,0000    | 0,0000    |
| 170         | 0,062          | 0,0003    | 0,0001    |
| 171         | 0,062          | 0,0002    | 0,0005    |
| 172         | 0,062          | 0,0000    | 0,0001    |
| 173         | 0,062          | 0,0000    | 0,0000    |
| 174         | 0,061          | 0,0002    | 0,0002    |
| 175         | 0,061          | 0,0002    | 0,0003    |
| 176         | 0,061          | 0,0000    | 0,0000    |
| 177         | 0,060          | 0,0001    | 0,0001    |
| 178         | 0,060          | 0,0004    | 0,0015    |
| 179         | 0,060          | 0,0001    | 0,0000    |
| 180         | 0,060          | 0,0007    | 0,0001    |
| 181         | 0,060          | 0,0008    | 0,0001    |
| 182         | 0,060          | 0,0000    | 0,0001    |
| 183         | 0,059          | 0,0002    | 0,0004    |
| 184         | 0,059          | 0,0001    | 0,0000    |
| 185         | 0,059          | 0,0001    | 0,0000    |
| 186         | 0,059          | 0,0002    | 0,0000    |
| 187         | 0,059          | 0,0000    | 0,0001    |
| 188         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 189         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 190         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 191         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 192         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 193         | 0,059          | 0,0000    | 0,0000    |
| 194         | 0,058          | 0,0000    | 0,0000    |
| 195         | 0,058          | 0,0000    | 0,0000    |
| 196         | 0,058          | 0,0000    | 0,0001    |
| 197         | 0,058          | 0,0000    | 0,0000    |
| 198         | 0,057          | 0,0000    | 0,0000    |
| 199         | 0,057          | 0,0001    | 0,0001    |
| 200         | 0,057          | 0,0000    | 0,0000    |

Tabla 18: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (cúpula central) en sentido X y Y

| Espectro | Dir | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY | GlobalMZ |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |     | Ton      | Ton      | Ton      | Ton-m    | Ton-m    | Ton-m    |
| E        | X   | 3.69     | 0.04     | 2.22     | 37.70    | 54.56    | 61.91    |
| E        | Y   | 0.06     | 3.70     | 2.22     | 55.51    | 36.56    | 61.90    |

Fuente: Elaboración propia

**Masa considerada**

$$Masa_x = Masa_y = 1.54 \text{ t} \cdot s^2/m$$

$$\Rightarrow \text{Peso considerado} = 15.11128 \text{ t} \quad (\text{Incluye : DL} + 0.25LL)$$

**Cortante basal del análisis estático**

$$T_x = 4.1 \text{ Tn} \quad \text{SAP 2000 (Table: Base Reaction)}$$

$$T_y = 4.1 \text{ Tn} \quad \text{SAP 2000 (Table: Base Reaction)}$$

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico de la edificación y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

Tabla 19: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (cúpula central)

| Dir | V dinámico<br>t | V estático<br>t | 80%V <sub>estático</sub> | V <sub>din</sub> < 80%V <sub>est</sub> | f    | Estado                    |
|-----|-----------------|-----------------|--------------------------|--|------|---------------------------|
| X-X | 3.69            | 4.10            | 3.28                     | NO                                     | 1.00 | No Requiere amplificación |
| Y-Y | 3.70            | 4.10            | 3.28                     | NO                                     | 1.00 | No Requiere amplificación |

Fuente: Elaboración propia

La carga dinámica de sismo no requirió ser amplificada para el diseño estructural

**CASCARÓN INTERNO (OJIVALES)**

*Tabla 20: Modos de vibrar y participación modal, Ojivales*

| Modo | Período       | UX            | UY            |
|------|---------------|---------------|---------------|
| 1    | 2.9879        | 0.0004        | 0.0000        |
| 2    | 0.8489        | 0.0000        | 0.0000        |
| 3    | 0.8476        | 0.0006        | 0.0003        |
| 4    | 0.8475        | 0.0008        | 0.0010        |
| 5    | 0.8474        | 0.0000        | 0.0000        |
| 6    | 0.8463        | 0.0009        | 0.0011        |
| 7    | 0.7540        | 0.0014        | 0.0011        |
| 8    | <b>0.7538</b> | 0.0027        | <b>0.0032</b> |
| 9    | <b>0.7538</b> | <b>0.0031</b> | 0.0026        |
| 10   | 0.7537        | 0.0000        | 0.0000        |
| 11   | 0.7537        | 0.0001        | 0.0001        |
| 12   | 0.7139        | 0.0000        | 0.0000        |

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 21: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (ojivales) en sentido X y Y*

| Espectro | Dir | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY | GlobalMZ |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |     | Ton      | Ton      | Ton      | Ton-m    | Ton-m    | Ton-m    |
| E        | X   | 0.0029   | 0.0004   | 0.0000   | 0.0026   | 0.0170   | 0.0456   |
| E        | Y   | 0.0004   | 0.0028   | 0.0000   | 0.0164   | 0.0026   | 0.0430   |

*Fuente: Elaboración propia*

**Masa considerada**

$$Masa_x = Masa_y = 2.19 \text{ t} \cdot s^2/m$$

$$\Rightarrow \text{Peso considerado} = 21.4986 \text{ t} \quad (\text{Incluye : DL+ 0.25LL})$$

**Cortante basal del análisis estático**

$$T_x = 0.00000000000000126 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table:Base Reaction)}$$

$$T_y = -0.00000000000000119 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table:Base Reaction)}$$

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico del edificio y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el

cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

*Tabla 22: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (ojivales)*

| Dir | V dinámico<br>t | V estático<br>t     | 80%V <sub>estático</sub> | V <sub>din</sub> <80%V <sub>est</sub> | f    | Estado                    |
|-----|-----------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------------|------|---------------------------|
| X-X | 0.0029          | 0.0000000000000126  | 0.0000000000000101       | NO                                    | 1.00 | No Requiere amplificación |
| Y-Y | 0.0028          | -0.0000000000000119 | -0.0000000000000095      | NO                                    | 1.00 | No Requiere amplificación |

*Fuente: Elaboración propia*

La carga dinámica de sismo Si requirió ser amplificada para el diseño estructural.

## DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS

Se evalúan los desplazamientos y derivas, dado que estas no deben sobrepasar lo dispuesto en la norma E-30, dispuesto en el Artículo 5.1. del RNE.

Para lo cual se debe evaluar la deriva inelástica para una estructura regular y debe de cumplir las relaciones siguientes, según el caso.

$$\Delta_{inelástico-i} = \begin{cases} 0.75R\Delta_{elástico-i} & \text{Regular} \\ R\Delta_{elástico-i} & \text{Irregular} \end{cases}$$

Valores que de acuerdo con la Tabla N°11 del Artículo 5.2, El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11. deben ser menores a 0.010 para estructuras de acero.

*Tabla 23: Límites para la distorsión del entrepiso según norma E-30*

| Tabla N° 11<br>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO       |                         |
|---|-------------------------|
| Material Predominante   | ( $\Delta_i / h_{ei}$ ) |
| Concreto Armado   | 0,007                   |
| Acero   | 0,010                   |
| Albañilería   | 0,005                   |
| Madera  | 0,010                   |
| Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0,005                   |

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones*

**CASCARON EXTERNO**

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

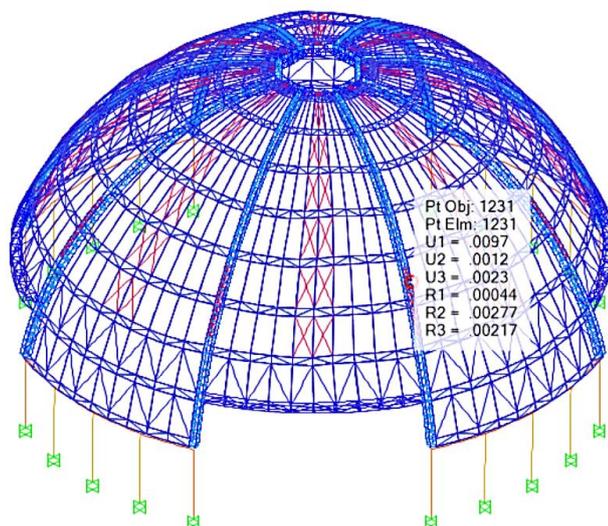


Figura 71: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cascarón externo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central

| ISO | NODO | CARGA          | Despl X. SAP (m) | Despl Y. SAP (m) | Δh (m) | U1 (m) | U2 (m) | Deriva Elástica X | Deriva Elástica Y | Deriva Inelástica X | Deriva Inelástica Y | LÍMITE Deriva N E0.30 | Cumple en "X" | Cumple en "Y" |
|-----|------|----------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1   | 1485 | Sismo Dinámico | 0,00219          | 0,00178          | 4,312  | 0,0022 | 0,0018 | 0,0005            | 0,0004            | 0,002               | 0,002               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 2   | 1486 | Sismo Dinámico | 0,00253          | 0,00193          | 0,407  | 0,0003 | 0,0002 | 0,0008            | 0,0004            | 0,004               | 0,002               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 3   | 1487 | Sismo Dinámico | 0,00286          | 0,00205          | 0,405  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0008            | 0,0003            | 0,004               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 4   | 1488 | Sismo Dinámico | 0,00318          | 0,00214          | 0,403  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0008            | 0,0002            | 0,004               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 5   | 1489 | Sismo Dinámico | 0,00349          | 0,00221          | 0,400  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0008            | 0,0002            | 0,004               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 6   | 1490 | Sismo Dinámico | 0,00378          | 0,00227          | 0,397  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 7   | 1491 | Sismo Dinámico | 0,00406          | 0,00236          | 0,393  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 8   | 1492 | Sismo Dinámico | 0,00433          | 0,00248          | 0,390  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0003            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 9   | 1493 | Sismo Dinámico | 0,00458          | 0,00255          | 0,387  | 0,0002 | 0,0001 | 0,0006            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 10  | 1494 | Sismo Dinámico | 0,00482          | 0,00262          | 0,382  | 0,0002 | 0,0001 | 0,0006            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 11  | 1495 | Sismo Dinámico | 0,00507          | 0,00270          | 0,378  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 12  | 1496 | Sismo Dinámico | 0,00532          | 0,00277          | 0,374  | 0,0002 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 13  | 1497 | Sismo Dinámico | 0,00556          | 0,00285          | 0,370  | 0,0002 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0002            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 14  | 1498 | Sismo Dinámico | 0,00581          | 0,00295          | 0,364  | 0,0003 | 0,0001 | 0,0007            | 0,0003            | 0,003               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 15  | 1499 | Sismo Dinámico | 0,00625          | 0,00367          | 0,360  | 0,0004 | 0,0007 | 0,0012            | 0,0020            | 0,006               | 0,009               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |

| ISO | NODO | CARGA          | Despl X. SAP (m) | Despl Y. SAP (m) | Ah (m) | U1 (m)  | U2 (m)  | Deriva Elástica X | Deriva Elástica Y | Deriva Inelástica X | Deriva Inelástica Y | LÍMITE Deriva N E0.30 | Cumple en "X" | Cumple en "Y" |
|-----|------|----------------|------------------|------------------|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 16  | 1500 | Sismo Dinámico | 0,00664          | 0,00432          | 0,354  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0011            | 0,0018            | 0,005               | 0,009               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 17  | 1501 | Sismo Dinámico | 0,00704          | 0,00496          | 0,349  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0011            | 0,0018            | 0,005               | 0,009               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 18  | 1502 | Sismo Dinámico | 0,00745          | 0,00561          | 0,343  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0012            | 0,0019            | 0,006               | 0,009               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 19  | 1652 | Sismo Dinámico | 0,00783          | 0,00616          | 0,337  | 0,0004  | 0,0005  | 0,0011            | 0,0016            | 0,005               | 0,008               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 20  | 1503 | Sismo Dinámico | 0,00811          | 0,00626          | 0,331  | 0,0003  | 0,0001  | 0,0008            | 0,0003            | 0,004               | 0,002               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 21  | 1504 | Sismo Dinámico | 0,00848          | 0,00678          | 0,325  | 0,0004  | 0,0005  | 0,0011            | 0,0016            | 0,005               | 0,008               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 22  | 1505 | Sismo Dinámico | 0,00886          | 0,00741          | 0,319  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0012            | 0,0020            | 0,006               | 0,009               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 23  | 1506 | Sismo Dinámico | 0,00923          | 0,00805          | 0,311  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0012            | 0,0020            | 0,006               | 0,010               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 24  | 1507 | Sismo Dinámico | 0,00959          | 0,00869          | 0,305  | 0,0004  | 0,0006  | 0,0012            | 0,0021            | 0,006               | 0,010               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 25  | 1508 | Sismo Dinámico | 0,00993          | 0,00932          | 0,298  | 0,0003  | 0,0006  | 0,0011            | 0,0021            | 0,005               | 0,010               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 26  | 1509 | Sismo Dinámico | 0,01012          | 0,00922          | 0,291  | 0,0002  | -0,0001 | 0,0007            | -0,0003           | 0,003               | -0,002              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 27  | 1510 | Sismo Dinámico | 0,01037          | 0,00949          | 0,284  | 0,0002  | 0,0003  | 0,0009            | 0,0010            | 0,004               | 0,005               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 31  | 1514 | Sismo Dinámico | 0,01135          | 0,01159          | 0,253  | 0,0001  | 0,0002  | 0,0006            | 0,0009            | 0,003               | 0,004               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 32  | 1515 | Sismo Dinámico | 0,01143          | 0,01139          | 0,244  | 0,0001  | -0,0002 | 0,0003            | -0,0008           | 0,002               | -0,004              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 33  | 1516 | Sismo Dinámico | 0,01152          | 0,01143          | 0,236  | 0,0001  | 0,0000  | 0,0004            | 0,0002            | 0,002               | 0,001               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 34  | 1517 | Sismo Dinámico | 0,01163          | 0,01165          | 0,227  | 0,0001  | 0,0002  | 0,0005            | 0,0010            | 0,002               | 0,005               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 35  | 1518 | Sismo Dinámico | 0,01171          | 0,01192          | 0,219  | 0,0001  | 0,0003  | 0,0004            | 0,0012            | 0,002               | 0,006               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 36  | 1519 | Sismo Dinámico | 0,01177          | 0,01212          | 0,210  | 0,0001  | 0,0002  | 0,0003            | 0,0010            | 0,001               | 0,005               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 37  | 1520 | Sismo Dinámico | 0,01176          | 0,01213          | 0,202  | 0,0000  | 0,0000  | 0,0001            | 0,0001            | 0,000               | 0,000               | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 38  | 1521 | Sismo Dinámico | 0,01172          | 0,01191          | 0,192  | 0,0000  | -0,0002 | 0,0002            | -0,0011           | -0,001              | -0,005              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 39  | 1522 | Sismo Dinámico | 0,01166          | 0,01178          | 0,184  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0003            | -0,0007           | -0,002              | -0,003              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 40  | 1523 | Sismo Dinámico | 0,01160          | 0,01172          | 0,174  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0003            | -0,0004           | -0,001              | -0,002              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 41  | 1524 | Sismo Dinámico | 0,01153          | 0,01166          | 0,165  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0004            | -0,0003           | -0,002              | -0,002              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 42  | 1525 | Sismo Dinámico | 0,01145          | 0,01158          | 0,156  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0005            | -0,0005           | -0,003              | -0,002              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 43  | 1526 | Sismo Dinámico | 0,01134          | 0,01146          | 0,146  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0007            | -0,0009           | -0,003              | -0,004              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 44  | 1527 | Sismo Dinámico | 0,01122          | 0,01128          | 0,136  | -0,0001 | -0,0002 | 0,0009            | -0,0013           | -0,004              | -0,006              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 45  | 1528 | Sismo Dinámico | 0,01110          | 0,01114          | 0,127  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0010            | -0,0011           | -0,005              | -0,005              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 46  | 1529 | Sismo Dinámico | 0,01098          | 0,01102          | 0,117  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0010            | -0,0010           | -0,005              | -0,005              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 47  | 1530 | Sismo Dinámico | 0,01086          | 0,01090          | 0,108  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0011            | -0,0011           | -0,005              | -0,005              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 48  | 1531 | Sismo Dinámico | 0,01075          | 0,01077          | 0,098  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0012            | -0,0013           | -0,006              | -0,006              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 49  | 1532 | Sismo Dinámico | 0,01064          | 0,01065          | 0,087  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0012            | -0,0015           | -0,006              | -0,007              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 50  | 1533 | Sismo Dinámico | 0,01053          | 0,01054          | 0,078  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0014            | -0,0014           | -0,006              | -0,007              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 51  | 1281 | Sismo Dinámico | 0,01044          | 0,01041          | 0,068  | -0,0001 | -0,0001 | 0,0014            | -0,0019           | -0,006              | -0,009              | 0,01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |

Fuente: Elaboración propia

**CASCARON INTERNO (CÚPULA CENTRAL)**

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

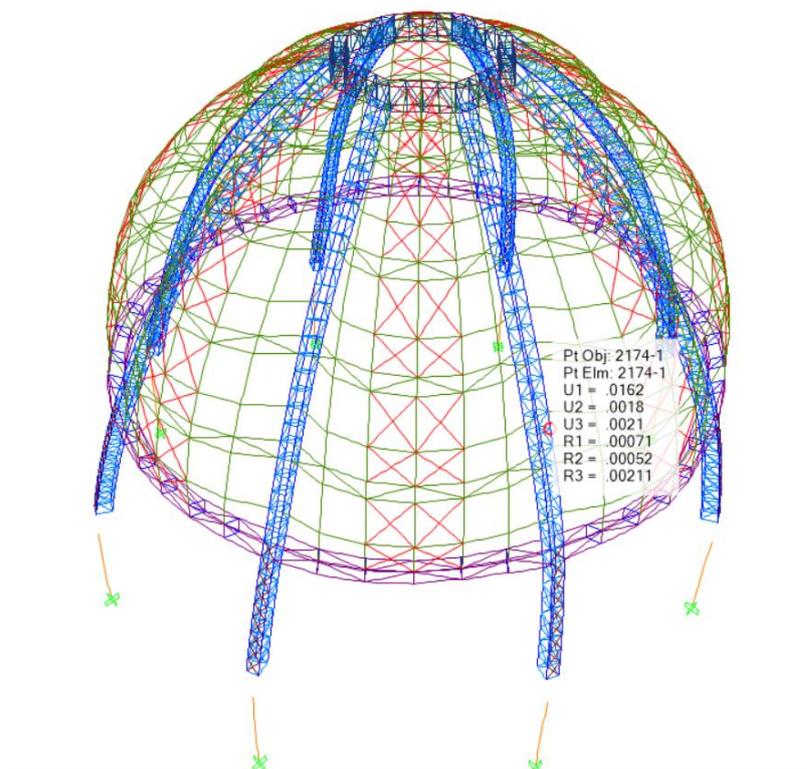


Figura 72: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cúpula central

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central

| PISO | NODO | CARGA          | Despl X. SAP (m) | Despl Y. SAP (m) | Δh (m) | U1 (m)  | U2 (m)  | Deriva Elástica X | Deriva Elástica Y | Deriva Inelástica X | Deriva Inelástica Y | LÍMITE Deriva N E0.30 | Cumple en "X" | Cumple en "Y" |
|------|------|----------------|------------------|------------------|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1    | 2156 | Sismo Dinámico | 0.00200          | 0.00275          | 3.47   | 0.00200 | 0.00275 | 0.00058           | 0.00079           | 0.003               | 0.004               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 2    | 2157 | Sismo Dinámico | 0.00256          | 0.00347          | 0.41   | 0.00056 | 0.00072 | 0.00135           | 0.00176           | 0.006               | 0.008               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 3    | 2158 | Sismo Dinámico | 0.00319          | 0.00423          | 0.40   | 0.00063 | 0.00076 | 0.00157           | 0.00190           | 0.007               | 0.009               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 4    | 2159 | Sismo Dinámico | 0.00385          | 0.00503          | 0.41   | 0.00067 | 0.00079 | 0.00162           | 0.00194           | 0.008               | 0.009               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 5    | 2160 | Sismo Dinámico | 0.00455          | 0.00584          | 0.41   | 0.00070 | 0.00081 | 0.00170           | 0.00197           | 0.008               | 0.009               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 6    | 2161 | Sismo Dinámico | 0.00526          | 0.00666          | 0.40   | 0.00071 | 0.00082 | 0.00177           | 0.00205           | 0.008               | 0.010               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 7    | 2162 | Sismo Dinámico | 0.00597          | 0.00747          | 0.40   | 0.00071 | 0.00082 | 0.00177           | 0.00204           | 0.008               | 0.010               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 8    | 2163 | Sismo Dinámico | 0.00666          | 0.00828          | 0.40   | 0.00070 | 0.00081 | 0.00174           | 0.00201           | 0.008               | 0.010               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 9    | 2164 | Sismo Dinámico | 0.00732          | 0.00906          | 0.40   | 0.00066 | 0.00078 | 0.00166           | 0.00195           | 0.008               | 0.009               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 10   | 2165 | Sismo Dinámico | 0.00795          | 0.00981          | 0.40   | 0.00063 | 0.00075 | 0.00156           | 0.00187           | 0.007               | 0.009               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |

| PISO | NODO | CARGA          | Despl X. SAP (m) | Despl Y. SAP (m) | Ah (m) | U1 (m)   | U2 (m)   | Deriva Elástica X | Deriva Elástica Y | Deriva Inelástica X | Deriva Inelástica Y | LÍMITE Deriv a N E0.30 | Cumple en "X" | Cumple en "Y" |
|------|------|----------------|------------------|------------------|--------|----------|----------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------|---------------|
| 11   | 2166 | Sismo Dinámico | 0.00848          | 0.01052          | 0.40   | 0.00053  | 0.00071  | 0.00132           | 0.00179           | 0.006               | 0.008               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 12   | 2167 | Sismo Dinámico | 0.00875          | 0.01113          | 0.40   | 0.00027  | 0.00060  | 0.00067           | 0.00151           | 0.003               | 0.007               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 13   | 2168 | Sismo Dinámico | 0.00925          | 0.01177          | 0.40   | 0.00050  | 0.00064  | 0.00125           | 0.00161           | 0.006               | 0.008               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 14   | 2169 | Sismo Dinámico | 0.00998          | 0.01241          | 0.40   | 0.00073  | 0.00064  | 0.00183           | 0.00160           | 0.009               | 0.008               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 15   | 2170 | Sismo Dinámico | 0.01084          | 0.01303          | 0.32   | 0.00086  | 0.00062  | 0.00270           | 0.00194           | 0.013               | 0.009               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 16   | 2171 | Sismo Dinámico | 0.01170          | 0.01362          | 0.38   | 0.00085  | 0.00059  | 0.00224           | 0.00156           | 0.011               | 0.007               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 17   | 2172 | Sismo Dinámico | 0.01225          | 0.01414          | 0.40   | 0.00055  | 0.00052  | 0.00138           | 0.00129           | 0.007               | 0.006               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 18   | 2173 | Sismo Dinámico | 0.01243          | 0.01448          | 0.33   | 0.00018  | 0.00034  | 0.00054           | 0.00103           | 0.003               | 0.005               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 19   | 2174 | Sismo Dinámico | 0.01274          | 0.01486          | 0.37   | 0.00031  | 0.00038  | 0.00085           | 0.00102           | 0.004               | 0.005               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 20   | 2175 | Sismo Dinámico | 0.01319          | 0.01522          | 0.40   | 0.00045  | 0.00036  | 0.00113           | 0.00090           | 0.005               | 0.004               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 21   | 2176 | Sismo Dinámico | 0.01369          | 0.01554          | 0.31   | 0.00050  | 0.00032  | 0.00162           | 0.00105           | 0.008               | 0.005               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 22   | 2177 | Sismo Dinámico | 0.01417          | 0.01583          | 0.36   | 0.00047  | 0.00029  | 0.00132           | 0.00081           | 0.006               | 0.004               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 23   | 2178 | Sismo Dinámico | 0.01445          | 0.01606          | 0.35   | 0.00028  | 0.00022  | 0.00081           | 0.00064           | 0.004               | 0.003               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 24   | 2179 | Sismo Dinámico | 0.01450          | 0.01617          | 0.34   | 0.00005  | 0.00011  | 0.00015           | 0.00032           | 0.001               | 0.002               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 25   | 2180 | Sismo Dinámico | 0.01463          | 0.01629          | 0.34   | 0.00013  | 0.00012  | 0.00038           | 0.00036           | 0.002               | 0.002               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 26   | 2181 | Sismo Dinámico | 0.01484          | 0.01639          | 0.33   | 0.00021  | 0.00011  | 0.00064           | 0.00032           | 0.003               | 0.002               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 27   | 2182 | Sismo Dinámico | 0.01508          | 0.01647          | 0.33   | 0.00024  | 0.00008  | 0.00073           | 0.00024           | 0.003               | 0.001               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 28   | 2183 | Sismo Dinámico | 0.01530          | 0.01652          | 0.32   | 0.00022  | 0.00005  | 0.00069           | 0.00016           | 0.003               | 0.001               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 29   | 2184 | Sismo Dinámico | 0.01540          | 0.01651          | 0.32   | 0.00010  | -0.00001 | 0.00031           | 0.00002           | 0.001               | 0.000               | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 30   | 2185 | Sismo Dinámico | 0.01535          | 0.01648          | 0.31   | -0.00006 | -0.00003 | -0.00018          | 0.00011           | -0.001              | -0.001              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 31   | 2186 | Sismo Dinámico | 0.01536          | 0.01642          | 0.31   | 0.00001  | -0.00006 | 0.00004           | 0.00019           | 0.000               | -0.001              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 32   | 2187 | Sismo Dinámico | 0.01544          | 0.01636          | 0.30   | 0.00009  | -0.00007 | 0.00029           | 0.00022           | 0.001               | -0.001              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 33   | 2188 | Sismo Dinámico | 0.01558          | 0.01628          | 0.30   | 0.00014  | -0.00008 | 0.00046           | 0.00026           | 0.002               | -0.001              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 34   | 2189 | Sismo Dinámico | 0.01572          | 0.01619          | 0.29   | 0.00014  | -0.00009 | 0.00048           | 0.00032           | 0.002               | -0.001              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 35   | 2190 | Sismo Dinámico | 0.01575          | 0.01604          | 0.29   | 0.00003  | -0.00015 | 0.00011           | 0.00052           | 0.001               | -0.002              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 36   | 2191 | Sismo Dinámico | 0.01563          | 0.01593          | 0.30   | -0.00012 | -0.00011 | -0.00039          | 0.00037           | -0.002              | -0.002              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 37   | 2192 | Sismo Dinámico | 0.01564          | 0.01576          | 0.24   | 0.00001  | -0.00016 | 0.00003           | 0.00068           | 0.000               | -0.003              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 38   | 2193 | Sismo Dinámico | 0.01565          | 0.01559          | 0.26   | 0.00001  | -0.00017 | 0.00002           | 0.00067           | 0.000               | -0.003              | 0.01                   | CUMPLE        | CUMPLE        |

Fuente: Elaboración propia

**Cascarón Interno (Ojivales)**

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

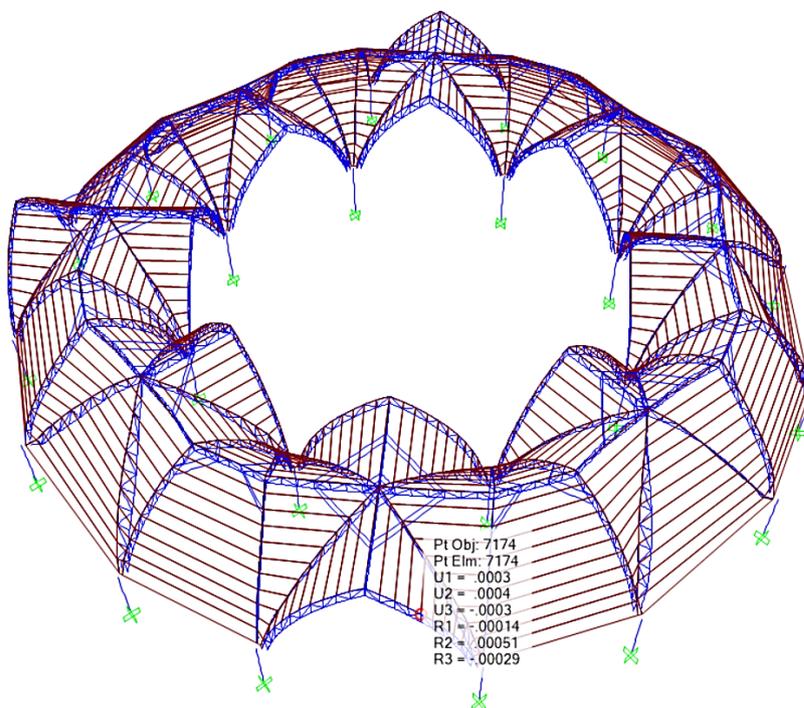


Figura 73: Desplazamiento por acción sísmica, Bóvedas ojivales

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Desplazamientos laterales, Bóvedas Ojivales

| PISO | NODO | CARGA      | Despl X. SAP (m) | Despl Y. SAP (m) | Δh (m) | U1 (m)  | U2 (m)  | Deriva Elástica X | Deriva Elástica Y | Deriva Inelástica X | Deriva Inelástica Y | LÍMITE Deriva N E0.30 | Cumple en "X" | Cumple en "Y" |
|------|------|------------|------------------|------------------|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1    | 7177 | Envolvente | 0.0001           | 0.0003           | 4.00   | 0.0001  | 0.0003  | 0.0000            | 0.0008            | 0.000               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 2    | 7181 | Envolvente | 0.0010           | 0.0003           | 0.48   | 0.0009  | 0.0000  | 0.0018            | 0.0000            | 0.009               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 3    | 7176 | Envolvente | 0.0002           | 0.0004           | 0.46   | -0.0008 | 0.0001  | -0.0017           | 0.0002            | -0.008              | 0.001               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 4    | 7180 | Envolvente | 0.0001           | 0.0004           | 0.45   | -0.0001 | 0.0000  | -0.0002           | 0.0000            | -0.001              | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 5    | 7175 | Envolvente | 0.0001           | 0.0004           | 0.44   | -0.0000 | 0.0000  | -0.0001           | 0.0000            | 0.000               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 6    | 7189 | Envolvente | 0.0002           | 0.0004           | 0.42   | 0.0001  | 0.0000  | 0.0004            | 0.0000            | 0.002               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 7    | 7174 | Envolvente | 0.0003           | 0.0004           | 0.38   | 0.0001  | 0.0000  | 0.0002            | 0.0000            | 0.001               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 8    | 7179 | Envolvente | 0.0004           | 0.0003           | 0.37   | 0.0001  | -0.0001 | 0.0002            | -0.0003           | 0.001               | -0.001              | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 9    | 7173 | Envolvente | 0.0004           | 0.0003           | 0.33   | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000            | 0.0000            | 0.000               | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 10   | 7178 | Envolvente | 0.0003           | 0.0003           | 0.30   | -0.0001 | 0.0000  | -0.0003           | 0.0000            | -0.002              | 0.000               | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |
| 11   | 7128 | Envolvente | 0.0002           | 0.0002           | 0.27   | -0.0001 | -0.0001 | -0.0004           | -0.0004           | -0.002              | -0.002              | 0.01                  | CUMPLE        | CUMPLE        |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.1.1.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PRINCIPALES ELEMENTOS

#### A) DISEÑO EN ACERO

Posteriormente del cálculo de esfuerzos para cada combinación de esfuerzos se procedió a realizar las combinaciones de carga según los factores de carga del método a la rotura del código A.I.S.C. denominado método L.R.F.D., que especifica las siguientes combinaciones de carga a la rotura para calcular los esfuerzos.

Este se realizó de acuerdo a la norma E.090 vigente, para el análisis de comprobación se ha se utilizado el programa SAP2000. Se usaron las siguientes combinaciones de carga de acuerdo al LRFD:

$$\begin{aligned}
 &1,4D \\
 &1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \\
 &1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \\
 &1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \\
 &1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \\
 &0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)
 \end{aligned}$$

D: Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura

L: Carga viva debida al mobiliario y ocupantes

Lr: Carga viva en las azoteas

W: Carga de viento

S: Carga de nieve

E: Carga de sismo de acuerdo a la Norma E0.30 Diseño Sismorresistente

R: Carga por lluvia o granizo

El moldeamiento de la estructura se hizo de la forma más real posible, obteniendo el siguiente modelo y los siguientes resultados:

### CASCARON EXTERNO

El modelo considerado está compuesto por ocho (8) armaduras en forma de arco dispuesta en forma radial generando un ángulo de  $45^\circ$  en planta entre ellas, estas nacen del apoyo de columnas de 4.10 m de altura arriostradas por una viga de 0.25 m de peralte, las armaduras se encuentran unidas por dos (2) tipos de cerchas de cerramiento, la segunda en la base posee una armadura de tracción en cuatro (4) tramos, en la parte superior de la estructura las armaduras y las cerchas confluyen en el anillo de compresión.

Estos son los elementos que se consideran en el modelado de cúpula central del cascarón externo por computadora:

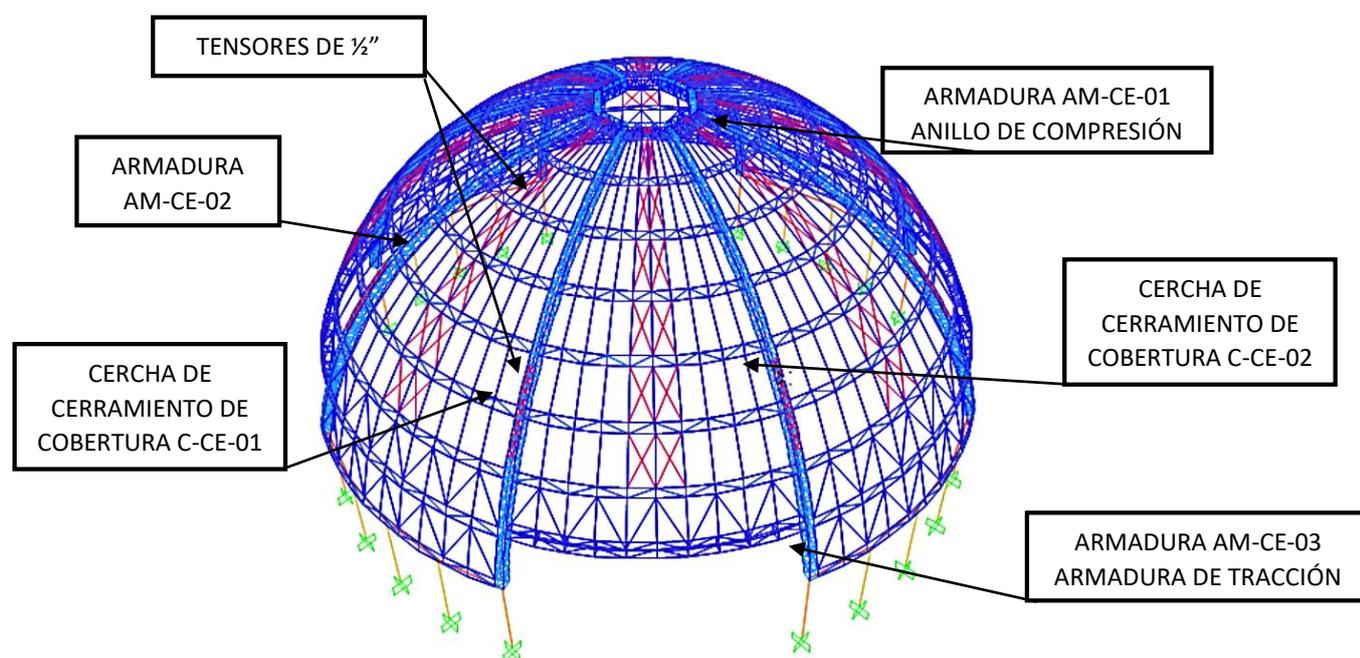
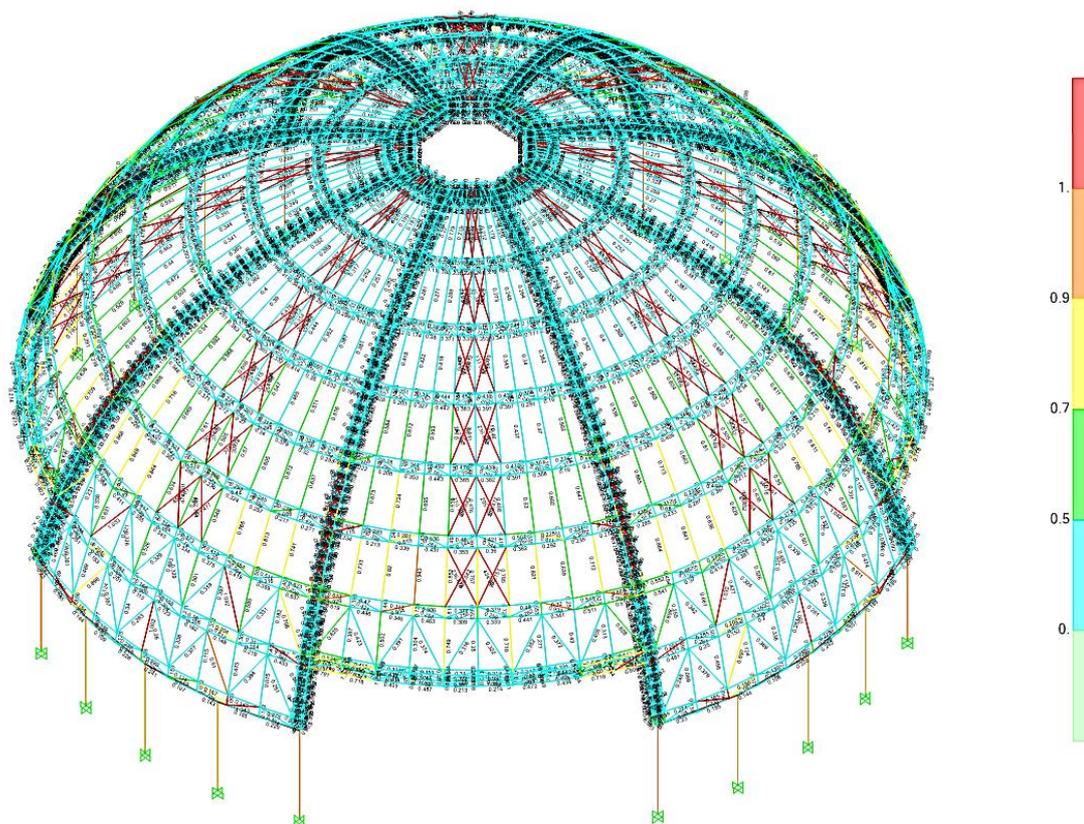


Figura 74: Elementos componentes de Cascarón Externo para diseño en acero

Fuente: Elaboración propia



*Figura 75: Diseño en acero de elementos componentes del Cascarón Externo*

*Fuente: Elaboración propia*

- **ARMADURA AM-CE-01 ANILLO DE COMPRESIÓN:** En la parte superior de la estructura se encuentra el anillo de compresión, al que confluyen las armaduras metálicas AM-CE-02, está compuesta de ocho (8) armaduras dispuestas de forma octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm<sup>2</sup>.

El anillo está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: En la brida superior e inferior de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg, en los montantes de perfil L1.5x1.5x3/16 pulg, en las diagonales exteriores de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg y en las diagonales interiores de perfil L1.5x1.5x3/16 pulg.

La conexión de la armadura AM-CE-02 con el anillo de compresión será soldadura.

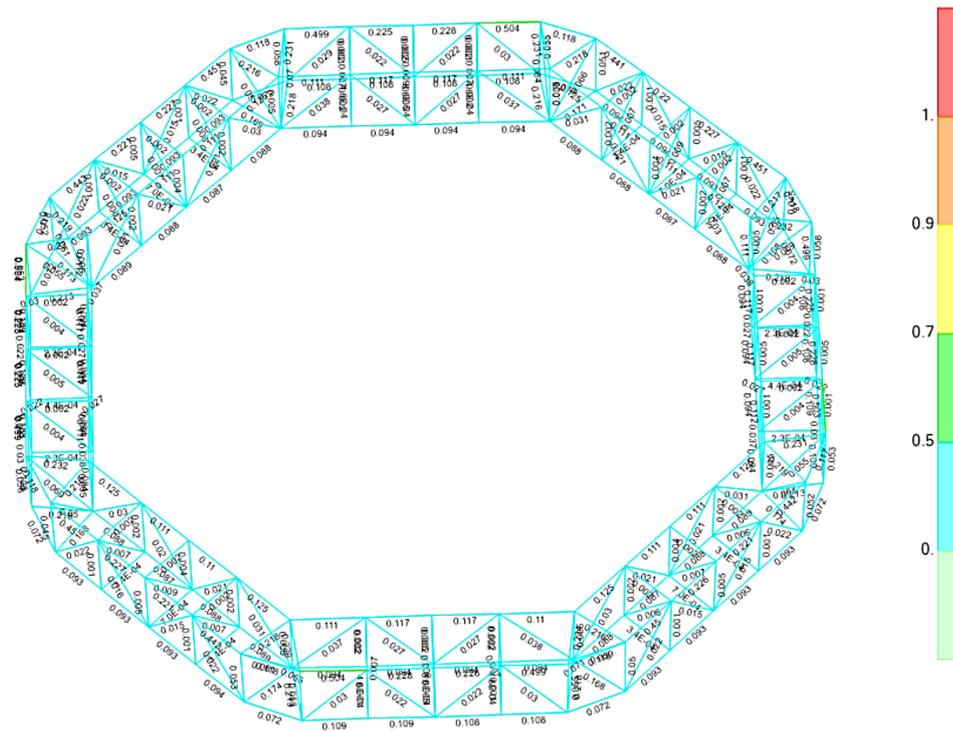
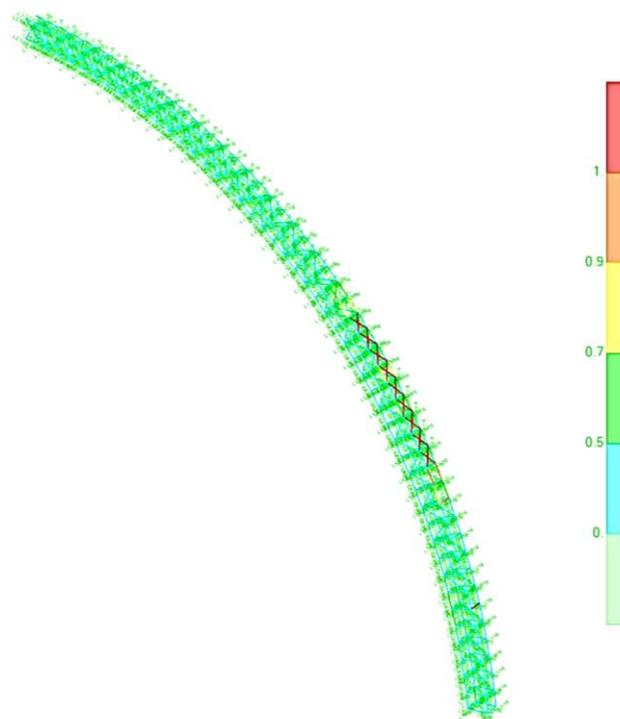


Figura 76: Valores “ P-M Ratio Colors & Values” de Armadura AM-CE-01

Fuente: Elaboración propia

- ARMADURA AM-CE-02:** Las armaduras metálicas principales del cascarón externo están dispuestos en forma arco, de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm. Cada armadura está conformada por perfiles L de plancha estructural A-36: Perfil L2.5x2.5x3/8 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x3/16 pulg en las diagonales y montantes. Cabe resaltar que la armadura cuenta con tensores de platinas de 1.5x1/8 pulg entre bridas superiores en firma de “equis” como se muestra en la siguiente figura. La conexión de los componentes de la armadura AM-CE-02 será por soldadura. Las armaduras AM-CE-02 en arco se apoyan en columnas de concreto armado mediante una rótula de ½ pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de ¾ pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de  $\phi = 1''$ .



*Figura 77: Diseño en acero de Armadura AM-CE-02*

*Fuente: Elaboración propia*

- **CERCHAS DE CERRAMIENTO DE COBERTURA C-CE-01 Y C-CE-02:**

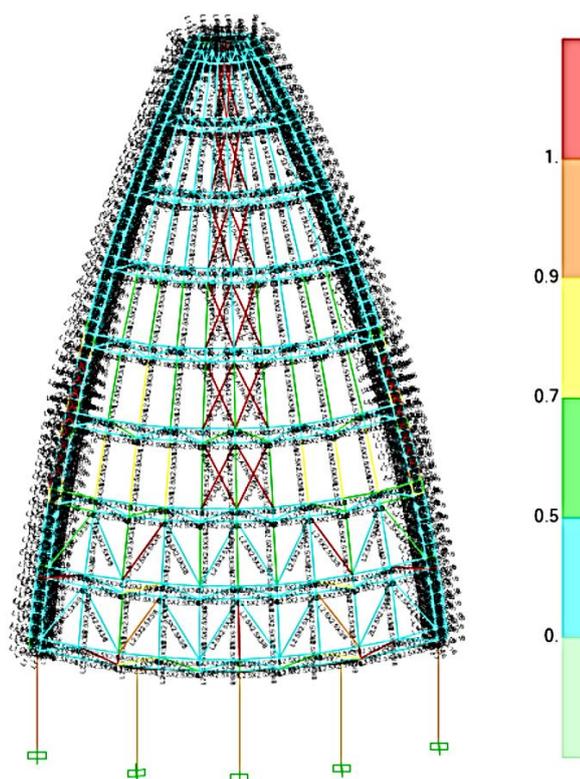
Las armaduras AM-CE-02 metálicas se encuentran arriostradas por un conjunto de cerchas metálicas, las que están conectadas a las bridas superiores de dichas armaduras mediante soldaduras. Se diferencian dos tipos de cerchas de cerramientos que se describirán a continuación:

Las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01 está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: La brida superior, brida inferior, montante recto y montante diagonal de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 1 de perfil 2L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 2 de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg. y los tensores de platina 1 1/2x1/8 pulg.

Las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: La brida superior, brida inferior, montante recto y montante diagonal de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 1 de perfil 2L2.5x2.5x3/8 pulg.,

los arriostres tipo 2 de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg. y los tensores de platina 1 1/2x1/8 pulg.; en la base de las cerchas se encuentra la armadura de tracción AM-CE-03.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las estructuras metálicas de cerramiento son soldadas.



*Figura 78: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01*

*Fuente: Elaboración propia*

- **ARMADURA DE TRACCIÓN AM-CE-03:** En la base de las 4 cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 se encuentra las armaduras de tracción AM-CE-03, de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm<sup>2</sup> y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: todos sus elementos estructurales (brida superior e inferior, montantes, diagonal exterior e interior) son conformados por perfiles L 2.5x2.5x3/8 pulg. La conexión de las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 con el anillo de tracción AM-CE-03 son soldaduras.

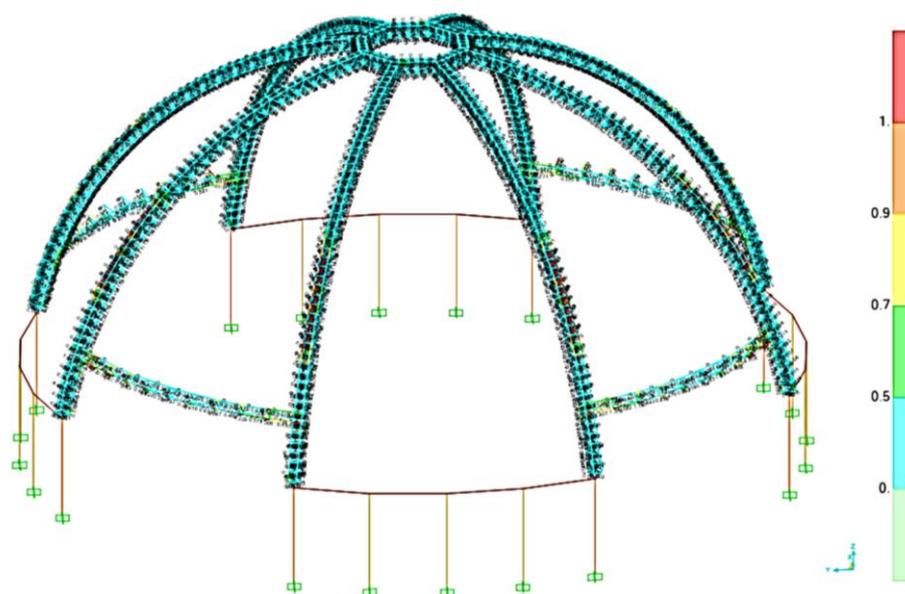


Figura 79: Diseño en acero de Armadura AM-CE-03

Fuente: Elaboración propia

## CASCARÓN INTERNO

El cascaron interno presenta dos componentes principales la cúpula central y el sistema de bóvedas ojivales

### CÚPULA CENTRAL

El modelo de la cúpula central que se consideró consiste en ocho (8) armaduras en forma de arco dispuesta en forma radial generando un ángulo de  $45^\circ$  en planta entre ellas, estas nacen del apoyo de la zona de columnas de 3.00 m de altura y un poco más arriba se encuentra el anillo en tracción hasta llegar a la parte más alta del arco donde desembocan todas las armaduras se encuentra el anillo en compresión, además se han diseñado cerchas de correas laterales, de arriostre y soporte de la cobertura esférica. Estos son los elementos que se consideran en el modelado de cúpula central del cascaron interno por computadora:

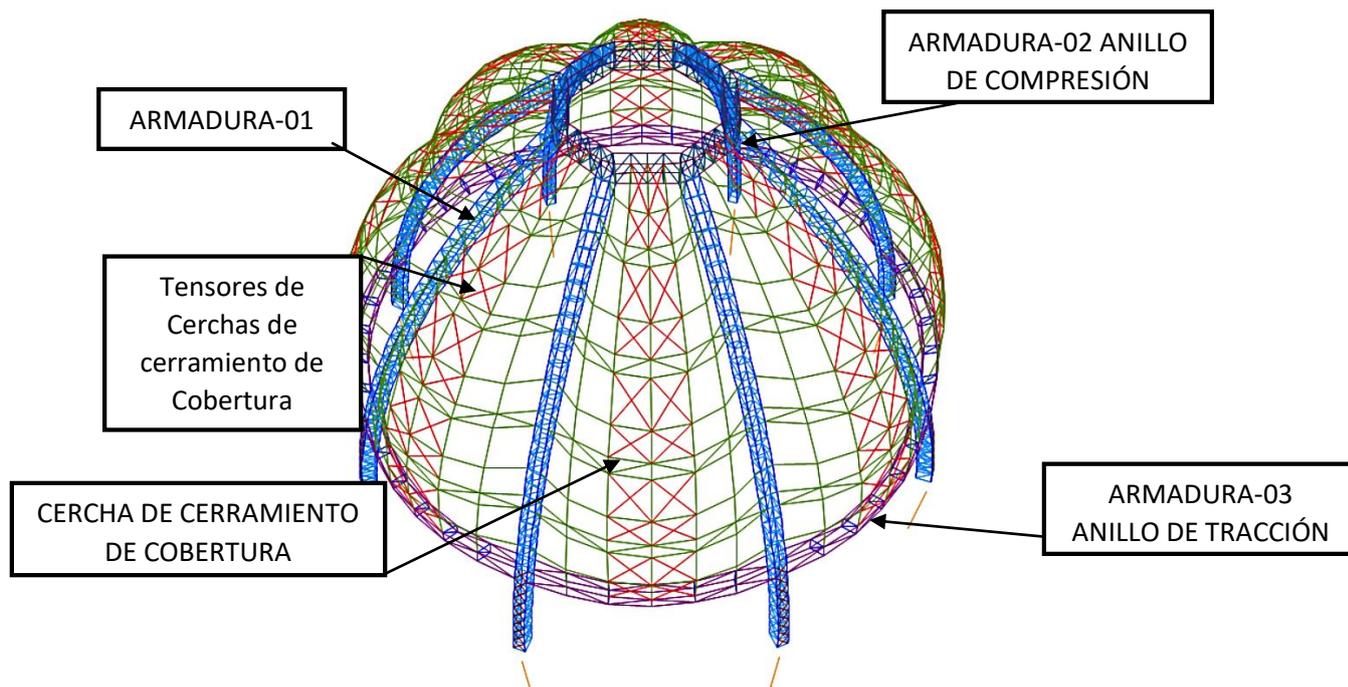


Figura 80: Elementos componentes de Cúpula Central para diseño en acero

Fuente: Elaboración propia

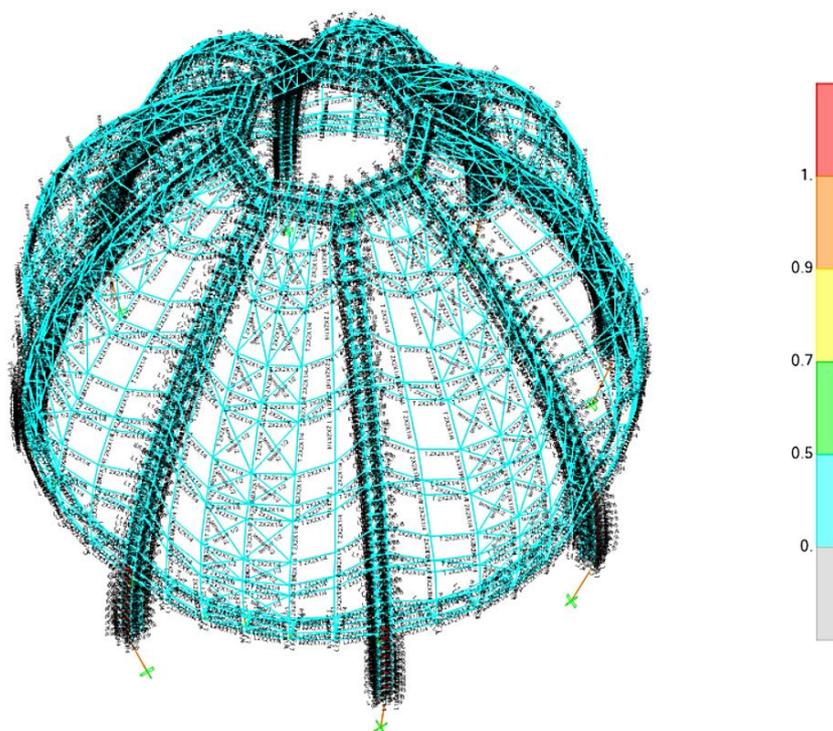
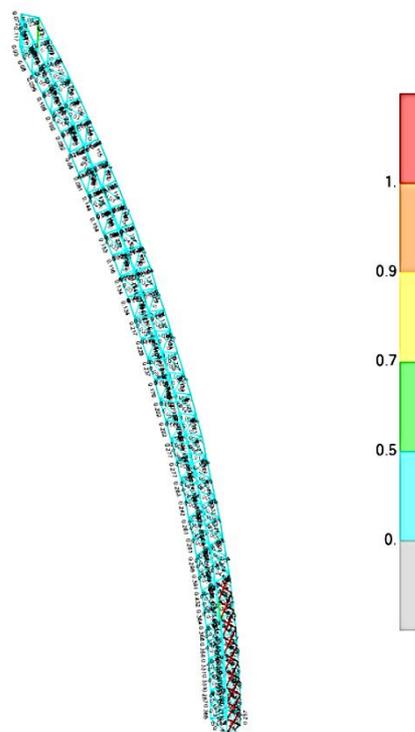


Figura 81: Diseño en acero de elementos componentes de la cúpula central

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA-01:** Las armaduras metálicas principales de la cúpula central del cascaron interno son de forma arco de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L1.5x1.5x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x1/8 pulg en las diagonales y montantes. Cabe resaltar que en los primeros 9 fragmentos de la armadura empezando de la base se tiene tensores entre bridas superiores en firma de “equis”, estos son platinas de 1.5x1/8 pulg. La conexión de los componentes de la armadura 01 es soldadura en los extremos de conexión.

Las armaduras 01 en arco se apoyan en columnas de concreto armado mediante una rótula de 1/2 pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de 3/4 pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de  $\phi = 1''$ .



*Figura 82: Diseño en acero de Armadura-01*

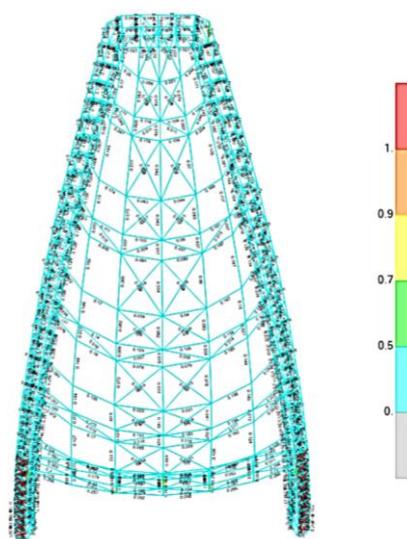
*Fuente: Elaboración propia*

- **CERCHAS DE CERRAMIENTO COBERTURA:** Las armaduras 01 metálicas se encuentran conectadas, por un conjunto de cerchas metálicas de cerramiento a un promedio de 2.00 metros entre ellas, medida desde el anillo de tracción, y conectadas mediante soldadura a las bridas superiores de las armaduras 01.

Las cerchas están compuestas de perfiles T 2X2X1/4 pulg de plancha estructural A – 36. Entre cerchas se tienen arriostres rectos verticales perpendiculares a las cerchas también de perfil T 2X2X1/4 pulg; se tomó un perfil tipo T por su eficiente función estructural y resistencia a las cargas muertas y vivas de la cobertura que soporta, además de ser compatible con la modalidad de colocación de las planchas de MDF como cobertura.6

En la parte central de los gajos de presente estructura de cerramiento de la cobertura se tiene tensores de varillas corrugadas de  $\phi = 1/2''$  de longitudes variables que arriostran de manera vertical las cerchas.

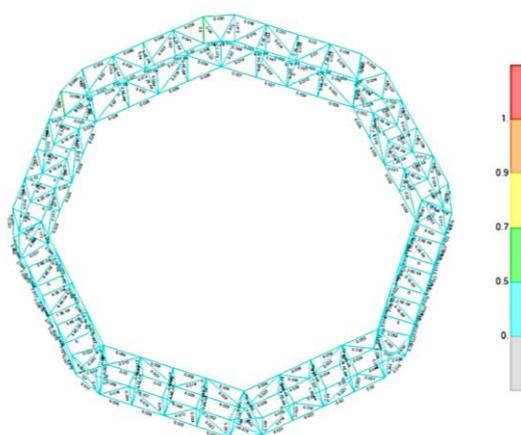
Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las estructuras metálicas de cerramiento son soldadas.



*Figura 83: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento cobertura*

*Fuente: Elaboración propia*

- **ARMADURA-02 ANILLO DE COMPRESIÓN:** En la parte superior de las armaduras metálicas 01 principales de la cúpula central del cascaron interno se encuentra el anillo de compresión son de forma octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de  $35 \times 63 \text{ cm}^2$  y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L2.5x2.5x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x3/16 pulg en las diagonales y montantes. La conexión de la armadura 01 con el anillo de compresión es soldadura.



*Figura 84: Valores " P-M Ratio Colors & Values "de Armadura 02*

*Fuente: Elaboración propia*

- **ARMADURA-03 ANILLO DE TRACCIÓN:** En la parte inferior de las armaduras metálicas 01 principales de la cúpula central del cascaron interno se encuentra el anillo de tracción son de forma flor octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de  $35 \times 41 \text{ cm}^2$  y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L 2x2x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x1/4 pulg en las diagonales y montantes. La conexión de la armadura 01 con el anillo de tracción es soldadura.

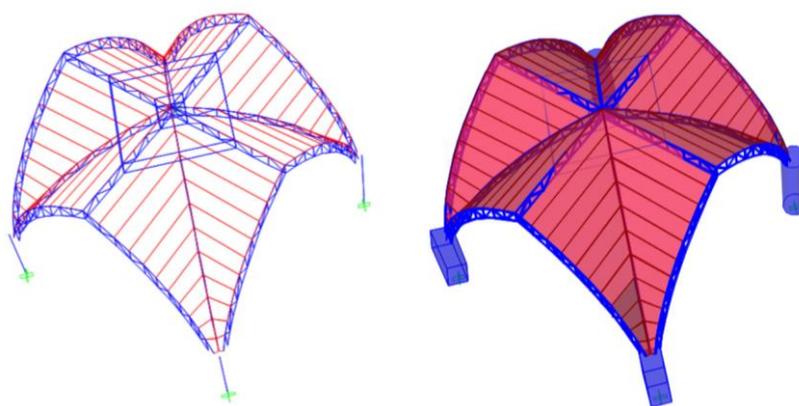


*Figura 85: Diseño en acero de Armadura-03*

*Fuente: Elaboración propia*

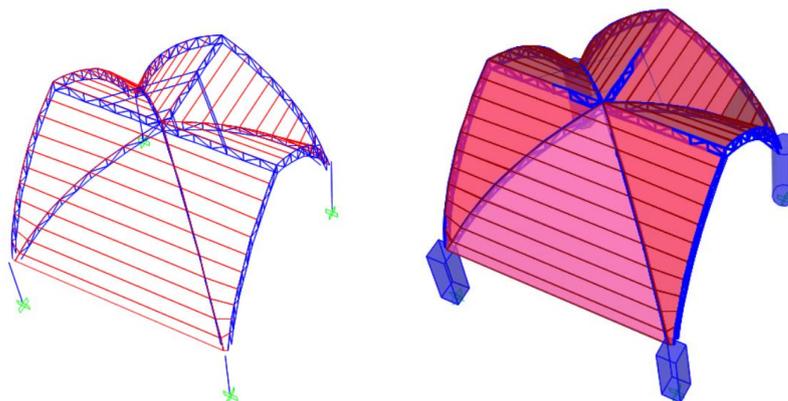
## **SISTEMA DE BÓVEDAS OJIVALES**

El modelo del sistema de bóvedas ojivales que se consideró consiste en un conjunto de dieciséis (16) bóvedas, dentro de este conjunto existen tres (3) tipos de bóvedas de crucería simple que se muestran a continuación:



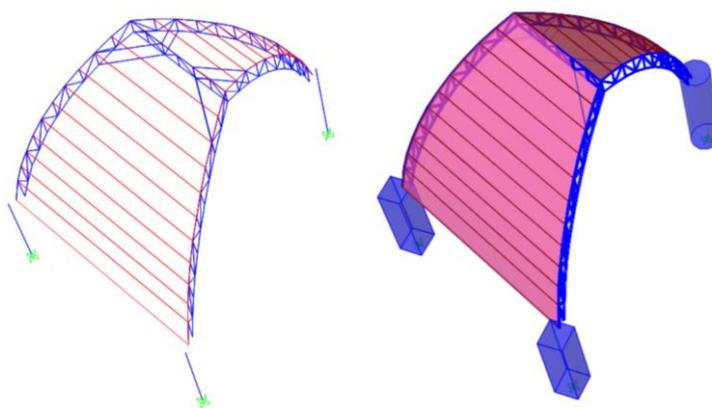
*Figura 86: Bóveda tipo 1*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 87: Bóveda tipo 2*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 88: Bóveda tipo 3*

*Fuente: Elaboración propia*

Todas las bóvedas están compuestas por cerchas metálicas en forma de arco y están apoyadas en columnas de 2.50 y 3.00 m de altura dependiendo de la ubicación, además se han diseñado otro tipo de cercha recta, que sirve de arriostre de las cerchas en forma de arco mencionadas anteriormente.

Estos son los elementos que se consideran en el modelado del sistema de bóvedas del cascaron interno por computadora:

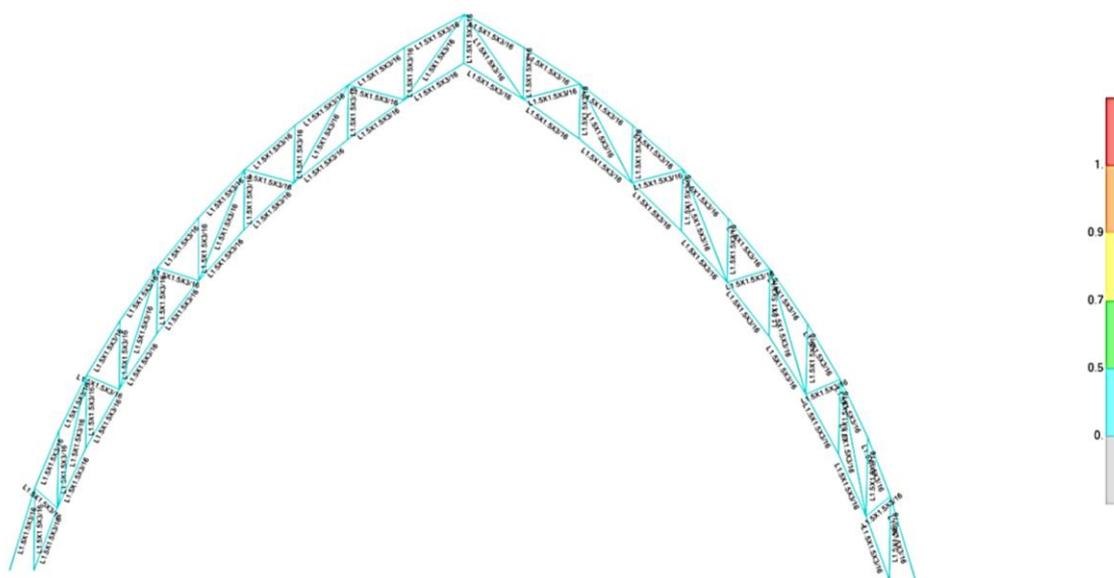
- **CERCHA METÁLICA CM-1**

La cercha metálica CM-1 tienen forma de arco con altura variable y está compuesta de perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg de plancha estructural A – 36. La carga muerta que soporta son las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje.

Se consideró también tensores de varillas corrugadas de  $\phi = \frac{1}{2}$ " como arriostre entre cerchas.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

Las cerchas CM-1 se apoyan en columnas de concreto armado mediante placas metálicas de  $\frac{1}{2}$  pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de  $\frac{3}{4}$  pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de  $\phi = 1$ ".



*Figura 89: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-1*

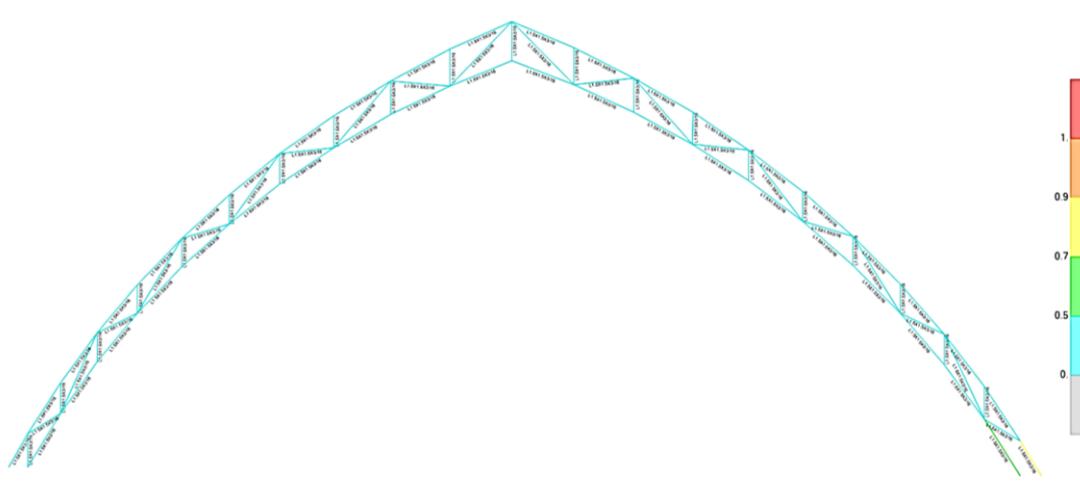
*Fuente: Elaboración propia*

- **CERCHA METÁLICA CM-2**

Las cerchas metálicas CM-2 tienen forma de arco con altura variable y está compuesta de perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg de plancha estructural A – 36. La carga muerta que soporta son las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

Las cerchas CM-1 se apoyan en columnas de concreto armado mediante placas metálicas de ½ pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de ¾ pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de  $\phi = 1''$ .



*Figura 90: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-2*

*Fuente: Elaboración propia*

- **CERCHA METÁLICA CM-3**

Las cerchas metálicas CM-3 son rectas y tienen la función de arriostrar los arcos formados por las cerchas CM-1; están compuesta de perfiles L 2.5X2.5X1/4 pulg de plancha estructural A – 36 en la brida superior e inferior y perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg

de plancha estructural A – 36 en la diagonales y verticales. La carga muerta que soportan las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje. Se consideró también tensores de varillas corrugadas de  $\phi = \frac{1}{2}$ " como arriostre entre cerchas.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

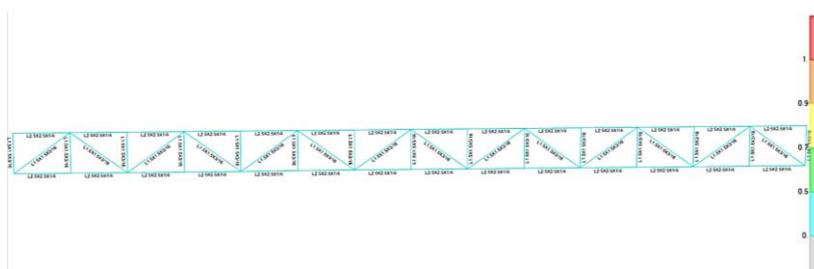


Figura 91: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-3

Fuente: Elaboración propia

## B) DISEÑO EN CONCRETO ARMADO

Para el diseño en concreto armado se utiliza el método a la rotura, también conocido como el Diseño por Resistencia. Este método consiste en que todas las secciones deben tener una resistencia de diseño (capacidad) por lo menos igual a la resistencia requerida (demanda).

**Resistencia de diseño:** Es la resistencia nominal de la sección afectada por los factores de reducción de resistencia.

**Resistencia requerida:** Es la que se obtiene por las combinaciones de las cargas amplificadas.

Nominalmente se puede escribir como sigue:

- Para flexión  $\phi M_n \geq M_u$

- Para cortante  $\phi V_n \geq V_u$
- Para axial  $\phi P_n \geq P_u$

Donde:

**M<sub>n</sub>, V<sub>n</sub>, P<sub>n</sub>:** Valores de momento nominal, cortante nominal y axial nominal respectivamente

**M<sub>u</sub>, V<sub>u</sub>, P<sub>u</sub>:** Valores de momento último, cortante último y axial último respectivamente

La norma establece una serie de combinaciones de carga, asociadas a factores de amplificación, para determinar las cargas últimas de diseño. En el presente proyecto, las cargas que generan las combinaciones predominantes son: Carga Muerta (DL), Carga Viva (LL) y Carga de Sismo (E), y las combinaciones relacionadas a estas cargas, según el capítulo 9.2 de la norma E.060, son los siguientes:

*Tabla 27: Combinaciones básicas de diseño*

**Combinaciones de servicio norma E020**

| Comb.  | DL   | LL   | W | E    |
|--------|------|------|---|------|
| S01    | 1.00 |      |   |      |
| S02    | 1.00 | 1.00 |   |      |
| S03_02 | 1.00 |      |   | 1.00 |
| S05_02 | 0.75 | 0.75 |   | 0.53 |
| S07_02 | 0.75 |      |   | 0.53 |
| S08_01 | 0.67 | 0.67 |   | 0.47 |

**Combinaciones últimas de concreto norma E060**

| Comb.   | DL   | LL   | W | E    |
|---------|------|------|---|------|
| UC09_01 | 1.40 | 1.70 |   |      |
| UC09_04 | 1.25 | 1.25 |   | 1.00 |
| UC09_05 | 0.90 |      |   | 1.00 |

*Fuente: Elaboración propia*

**DISEÑO DE VIGAS**

El diseño se desarrolla según lo establecido en los códigos y normas de diseño para edificaciones de concreto armado E-60 y ACI 318-14.

### CASCARÓN EXTERNO

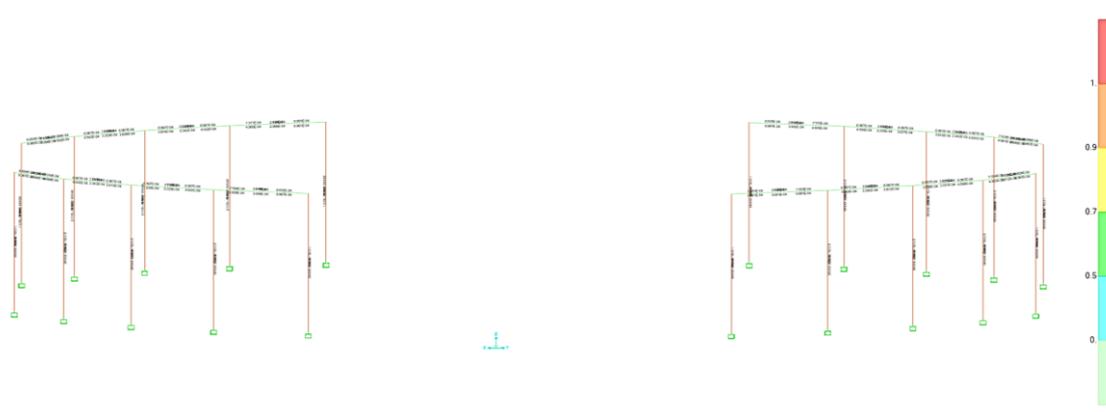


Figura 92: Diseño de C°A° Vigas - Dirección radial de Cascarón Externo (SAP 2000)

Fuente: Elaboración propia

### DISEÑO DE VIGA 25x110 cm

- Diseño del refuerzo longitudinal Vigas 25x110 cm

|                     |                             |                   |                    |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| $b_{viga} = 1.10$ m | Ancho de vigas              | $f_c = 210$       | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $h_{viga} = 0.25$ m | Altura de viga              | $F_y = 4200$      | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $d_{viga} = 0.21$ m | Altura al acero de fluencia | $r_{viga} = 0.04$ | m                  |

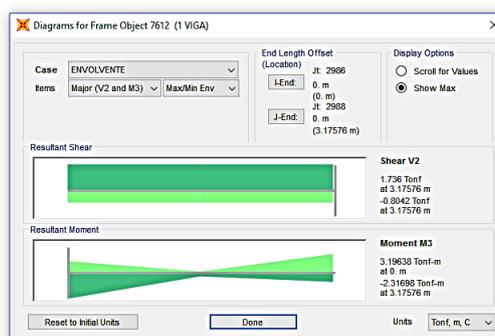


Figura 93: Envoltura de Diagrama de Momentos, viga 25x110cm de Cascarón externo

Fuente: Elaboración propia

|                           |                       |                           |                       |                                  |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Momento Negativo :</b> |                       | <b>Momento Positivo :</b> |                       |                                  |
| Mux(-) =                  | 4,08 t-m              | Mux(+) =                  | 2,520 t-m             | Máximo momento                   |
| $\rho_x(-)$ =             | 0,229%                | $\rho_x(+)$ =             | 0,140%                | Cuántia del refuerzo en tracción |
| Asx =                     | 5,28 cm <sup>2</sup>  | Asx =                     | 3,23 cm <sup>2</sup>  | Área de refuerzo calculada       |
| Asmin =                   | 7,70 cm <sup>2</sup>  | Asmin =                   | 7,70 cm <sup>2</sup>  | Área de refuerzo mínima          |
| As <sub>cal</sub> =       | 7,70 cm <sup>2</sup>  | As <sub>x</sub> =         | 7,70 cm <sup>2</sup>  | Área de refuerzo necesaria       |
| Nx <sub>neg</sub> =       | 3 Ø 5/8"              | Nx <sub>pos</sub> =       | 3 Ø 5/8"              | Número de Varillas               |
| As <sub>col(-)</sub> =    | 12,00 cm <sup>2</sup> | As <sub>col(+)</sub> =    | 12,00 cm <sup>2</sup> | Área de refuerzo colocada        |
| As <sub>col</sub> >       | As <sub>cal</sub>     | As <sub>col</sub> >       | As <sub>cal</sub>     |                                  |
| Ratio =                   | 0,64                  | Ratio =                   | 0,64                  |                                  |

- Diseño del refuerzo cortante Vigas 25x110 cm

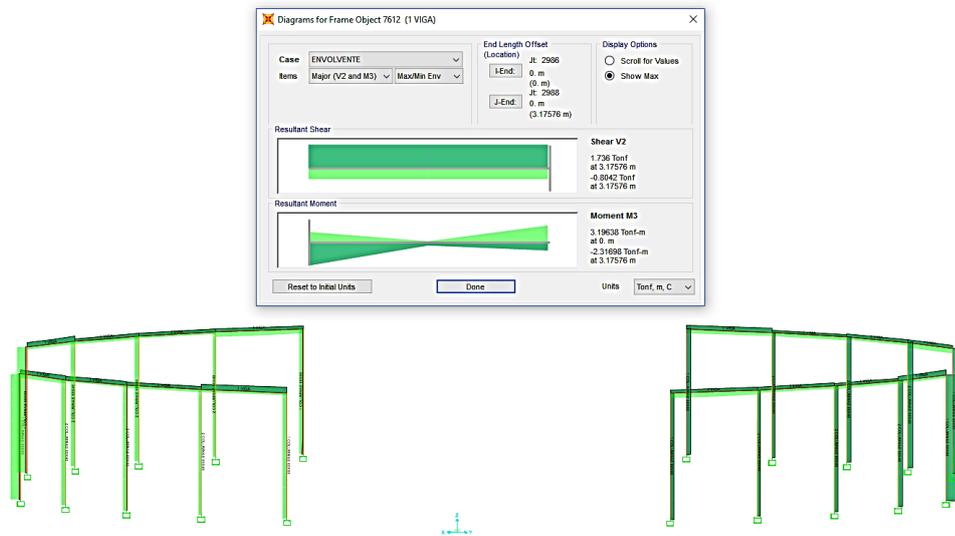


Figura 94: Envoltente de Diagrama de Cortantes, viga 25x110 cm de Cascarón Externo

Fuente: Elaboración propia

|                         |             |                 |   |                  |      |                    |
|-------------------------|-------------|-----------------|---|------------------|------|--------------------|
| $b_{viga}$ =            | 110         | cm              | Ancho de viga                                 | $f_c$ =          | 210  | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $h_{viga}$ =            | 25          | cm              | Altura de viga                                | $F_y$ =          | 4200 | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $r_{viga}$ =            | 4           | cm              |   | $\phi_{corte}$ = | 0,75 |                    |
| $\phi_{varilla}$ =      | 3/8"        |                 |   |                  |      |                    |
| N <sub>estribos</sub> = | 1           |                 |   |                  |      |                    |
| As <sub>varilla</sub> = | 0,7         | cm <sup>2</sup> |   |                  |      |                    |
| V <sub>U</sub> =        | 2,08        | t               | Cortante Ultimo                               |                  |      |                    |
| V <sub>C</sub> =        | 17.742      | kg              |   |                  |      |                    |
| $\phi_{corte} V_C$ =    | 13.306      | kg              | Resistencia al corte aportada por el concreto |                  |      |                    |
| V <sub>S</sub> =        | -14.968     | kg              | Cortante a ser resistido por el acero         |                  |      |                    |
| V <sub>Smax</sub> =     | 70.298      | kg              | Cortante maximo a ser resistido por el acero  |                  |      |                    |
| A <sub>v</sub> =        | 1,42        | cm <sup>2</sup> | Área de acero a cortante                      |                  |      |                    |
| S <sub>cal</sub> =      | -8,37       | cm              | Espaciamiento de estribos                     |                  |      |                    |
| S <sub>max1</sub> =     | 10,50       | cm              | d/2, Espaciamiento Maximo                     |                  |      |                    |
| V <sub>Smax2</sub> =    | 36.823      | kg              |   |                  |      |                    |
| S <sub>max2</sub> =     | 3,40        | cm              | Espaciamiento Maximo                          |                  |      |                    |
| Se colocara             | 1 Est. 3/8" | @5,             | 5 @10,  | rsto. @20        |      |                    |

DISEÑO DE COLUMNAS

CÚPULA CENTRAL

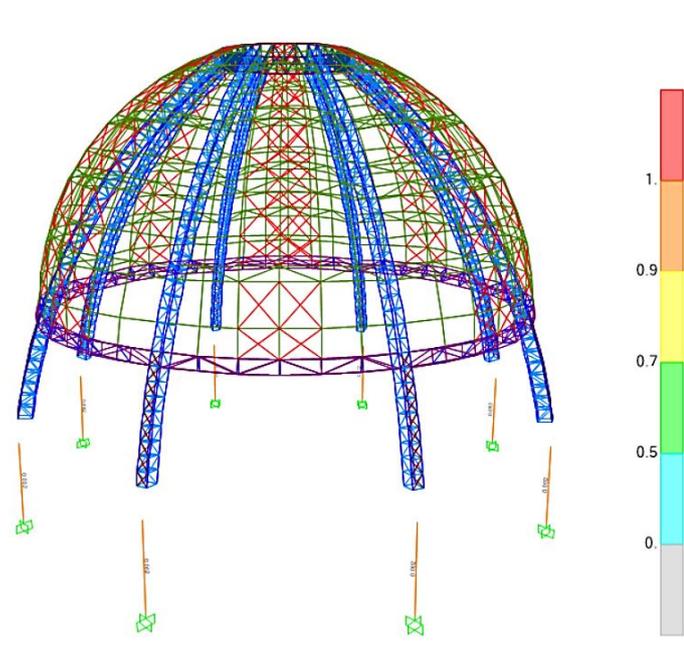


Figura 95: Diseño de C°A° Columnas C-1 - Dirección radial Cúpula de Cascarón Interno (SAP 2000)

Fuente: Elaboración propia

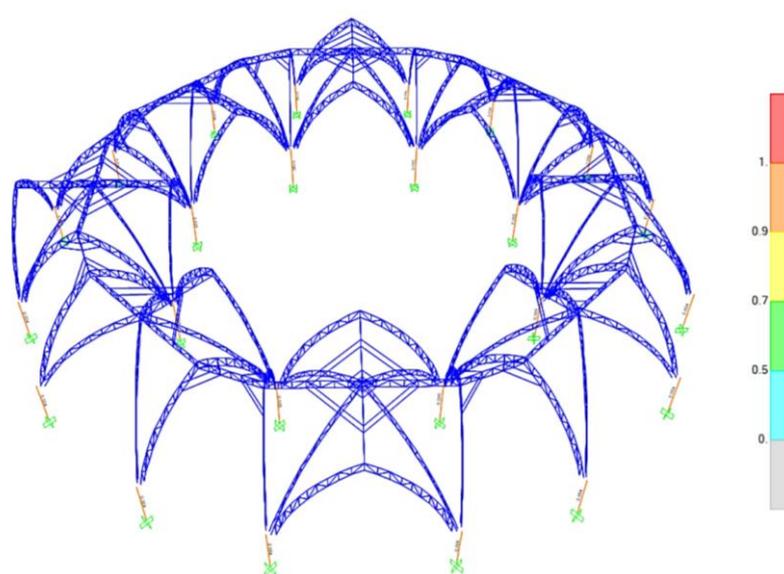


Figura 96: Diseño de Columnas C-2 Cálculo de Área de Columnas - Dirección Y-Y, bloque 1

Fuente: Elaboración propia

### DISEÑO DE COLUMNA C-1 Ø0.80 cm<sup>2</sup>

Diseño del refuerzo longitudinal Columna Ø80cm

|                        |                             |                      |                    |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| $b_{columna} = 0.80$ m | Ancho de Columna            | $f'c = 210$          | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $h_{columna} = 0.80$ m | Altura de Columna           | $Fy = 4200$          | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $d_{columna} = 0.76$ m | Altura al acero de fluencia | $r_{columna} = 0.04$ | m                  |

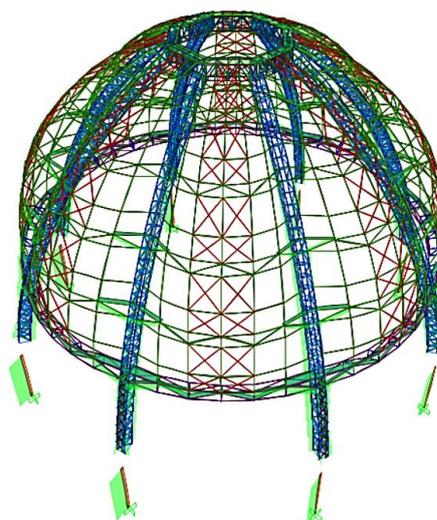


Figura 97: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna Ø80 cm Cúpula central Cascaron Interno

Fuente: Elaboración propia

### CASCARON EXTERNO

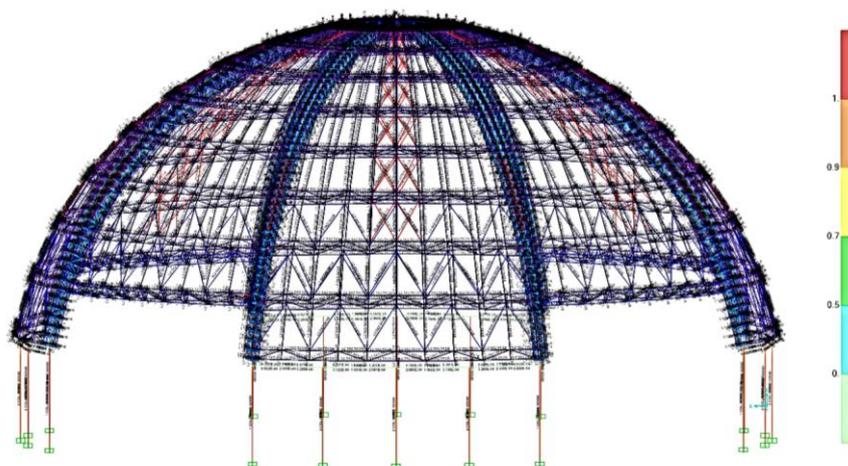
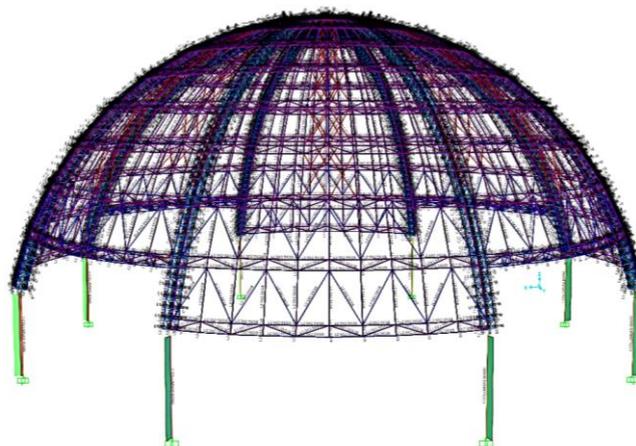


Figura 98: Diseño de C°A° Columnas C-7 y C8 - Dirección radial Cascarón Externo (SAP 2000)

Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO DE COLUMNA C-2 60X60 cm<sup>2</sup>**

|                        |                             |                     |                    |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|
| $b_{columna} = 0.60$ m | Ancho de Columna            | $f_c = 210$         | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $h_{columna} = 0.60$ m | Altura de Columna           | $F_y = 4200$        | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $d_{columna} = 0.56$ m | Altura al acero de fluencia | $r_{column} = 0.04$ | m                  |

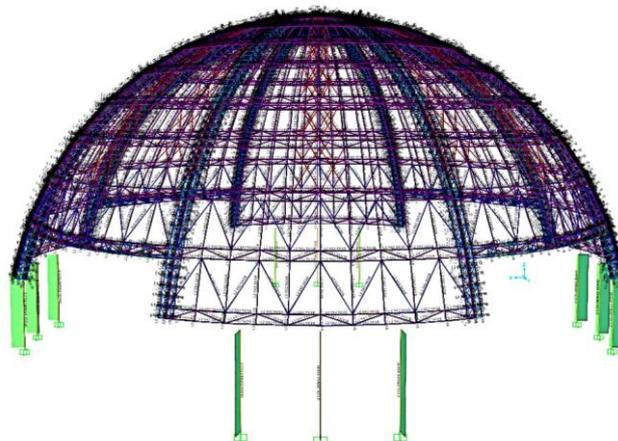


*Figura 99: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x60 cm de Cascaron Externo*

*Fuente: Elaboración propia*

**DISEÑO DE COLUMNA C-3 60X40 cm<sup>2</sup>**

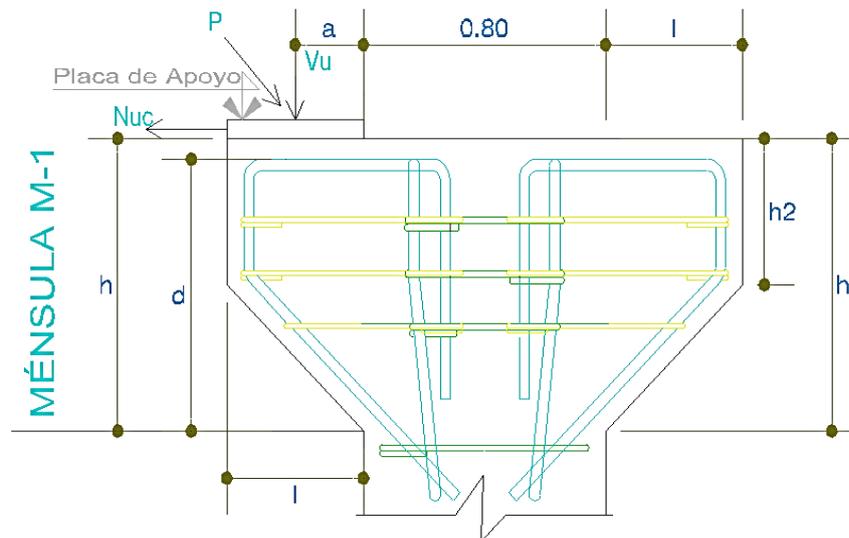
|                        |                             |                     |                    |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|
| $b_{columna} = 0.60$ m | Ancho de Columna            | $f_c = 210$         | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $h_{columna} = 0.40$ m | Altura de Columna           | $F_y = 4200$        | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $d_{columna} = 0.36$ m | Altura al acero de fluencia | $r_{column} = 0.04$ | m                  |



*Figura 100: Envoltente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x40 cm de Cascarón Externo*

*Fuente: Elaboración propia*

**DISEÑO DE MÉNSULAS (ACI 318.02)**



*Figura 101: Parámetros para el diseño de ménsula M-1*

*Fuente: Elaboración propia*

As: Ref principal

Ah: estribos cerrados

$h_1=50$  cm,  $h_2=25$  cm;  $a=20$  cm

a) RECOMENDACIÓN

$$\frac{a}{d} = 0.15@0.40$$

Utilizando 40cm

$d=50$ cm

b) MATERIALES

Concreto:  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>

Acero:  $f_y=4200$  Kg/cm<sup>2</sup>

De SAP

En armadura: P=6Ton

En cerchas : P=1.33 Ton

Para armadura: Vu=6 Ton; Nuc=1 Ton

c) CÁLCULO DE REFUERZO

Para resistir Vu:

$$Avf = \frac{Vu}{\emptyset \cdot fy \cdot \mu}$$

Donde Vu=1.2CM+1.6CV=6Ton

$\emptyset=0.75$

$fy=4200 \text{ Kg/cm}^2$

$f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

$\mu=1.4$  (Concreto colocado monolíticamente Tabla 12.1 de “Aspectos fundamentales del concreto reforzado CUARTA EDICIÓN de Óscar M. Gonzáles Cuevas)

d) Reemplazando

$$Avf = \frac{6000}{0.75 \times 4200 \times 1.4}$$

$$Avf = 1.36 \text{ cm}^2$$

e) Para resistir el momento

$$Af = \frac{Mu}{\emptyset \cdot fy \cdot z}$$

$Mu=Vu \cdot a + Nuc(h-d)$

$$M_u = 6 \text{ Ton}(30 \text{ cm}) + 1.2 \text{ Ton}(5 \text{ cm})$$

$$M_u = 186 \text{ Ton.cm}$$

$$N_{uc} = 1 \text{ Ton} < 0.2(6 \text{ Ton}) = 1.2 \text{ Ton}$$

$$V_u = 6 \text{ Ton}$$

$$\phi = 0.90$$

$$Z = 0.8d = 0.8(50) = 40 \text{ cm}$$

f) Reemplazando:

$$A_f = \frac{186 \times 1000}{0.9 \times 4200 \times 40 \text{ cm}} \text{ cm}^2 = 1.23 \text{ cm}^2$$

g) Por resistir Nuc:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \cdot f_y}$$

$$A_n = \frac{1.2 \times 1000}{0.9 \times 4200}$$

$$A_n = 0.317 \text{ cm}^2$$

h) Cálculo de As

$$A_{s1} = A_f + A_n = 1.23 + 0.32 = 1.55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = (2/3)A_{vf} + A_n = (2/3)(1.36) + 0.32 = 1.23 \text{ cm}^2$$

As (mayor  $A_{s1} - A_{s2}$ ) =  $1.55 \text{ cm}^2$  -> se utilizará 2 BARRAS Ø1/2"

Cálculo de Ah:

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) = 0.5(1.55 - 0.317) = 0.62 \text{ cm}^2$$

- i) Revisión del área mínima

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1.55}{(80)(50)} = 0.00039$$

- j) Disposición de refuerzo

$$0.04 \frac{f'_c}{f_y} < \rho$$

$$0.04 \frac{f'_c}{f_y} = 0.00200 < 0.00039 \dots \text{No cumple}$$

- k) Entonces se utilizará el mínimo

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0.002 \times 80 \times 75 = 12 \text{ cm}^2$$

$$A_h = 0.5(12 - 0.317) = 5.84 \text{ cm}^2$$

Ah -> se utilizará 3 estribos  $\emptyset \frac{1}{2}$ "

- l) Verificando

$$a/d = 0.15 @ 0.40 \rightarrow d = 75 \text{ cm} \rightarrow h = 80 \text{ cm}$$

### 3.2.3.1.2. DISEÑO DE OTRAS ESPECIALIDADES

El diseño de la especialidad de arquitectura e instalaciones eléctricas se realizó por los profesionales arquitectos e ingenieros eléctricos respectivamente, de manera colaborativa y coordinada entre todas las especialidades, para que de esta manera evitemos errores o incompatibilidades en el proyecto.

### **3.2.3.1.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

En esta fase se realizó las especificaciones técnicas de las partidas que componen el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; para que el proyecto resulte ser óptimo en su fase de ejecución es necesario desarrollar partidas acordes al término y herramienta “constructabilidad”, es decir que en esta primera etapa de planificación y formulación del expediente técnico se tomen las mejores decisiones como la elección de materiales o verificar que cada partida sea factible de construir, todo ellos en base a la experiencia de los consultores y proyectistas participantes.

El listado de partidas para las que se realizaron sus especificaciones técnicas se pueden observar en los anexos.

### **3.2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO**

Una vez desarrollado el diseño del proceso desarrollamos el diseño del producto mediante el modelado 3D y dibujo de planos 2D del proyecto.

#### **3.2.3.2.1. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO**

El modelado 3D de la especialidad de arquitectura se realizó en el software Sketchup, el cual pertenece a la tecnología BIM por ser compatible con otros softwares utilizados en la realización del presente proyecto como son los programas Revit, Lumion, Autocad y SAP 2000, permitiendo importar y exportar el modelado 3D del proyecto arquitectónico desarrollado en la plataforma Sketchup a cualquiera de los otros softwares mencionados y así facilitar el desarrollo de los diseños de las demás especialidades en sus softwares afines. Así mismo otra de las ventajas del modelado 3D del proyecto en Sketchup fue que se pudo generar una mayor comprensión de las formas y diseños

arquitectónicos, el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural-Parroquial Niño Salvador del Mundo, departamento, provincia y distrito de Puno” que tiene como principal estructura el bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo está conformado por cúpulas y formas ojivales que en planos 2D no se hubiera logrado el óptimo entendimiento que se dio con la maqueta virtual 3D, esto fue de vital importancia para la estructuración y diseños preliminares del área de ingeniería estructural.



*Figura 102: Render del programa Lumion del modelo 3D importado de Sketchup del proyecto arquitectónico*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 103: Vista lateral del templo en Lumion del modelo 3D importado de Sketchup*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 104: Vista en planta del Complejo Sociocultural Parroquial en Lumion del modelo 3D importado de Sketchup*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **3.2.3.2.2. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL**

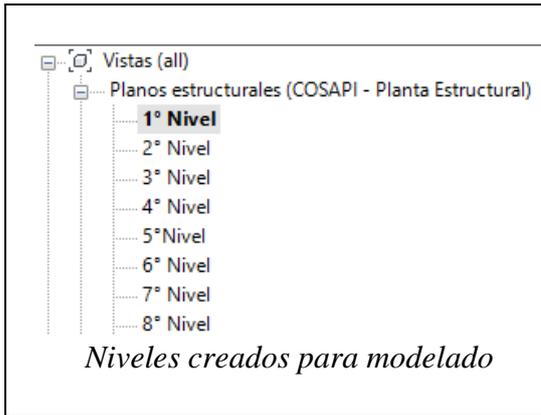
Una vez finalizada la parte arquitectónica(planos), se iniciará con el modelamiento del proyecto estructural en Revit Structure.

Es necesario entender que en la parte estructural de Revit, no realizará ningún cálculo estructural, ni sacará ningún resultado del mismo, lo que Revit nos permite es modelar detalladamente una estructura (que poseerá su propio modelo analítico) para posteriormente generar los planos estructurales.

Los programas de cálculo de estructuras que tienen estándar BIM, podrán de alguna manera, leer y traducir el modelo analítico, sobre los cuales se podrá introducir datos, analizar, calcular y reintroducir dentro del modelo los resultados estructurales que nos propongan.

Tabla 28: Procedimiento del modelado en Revit Structure del Templo Niño Salvador del Mundo

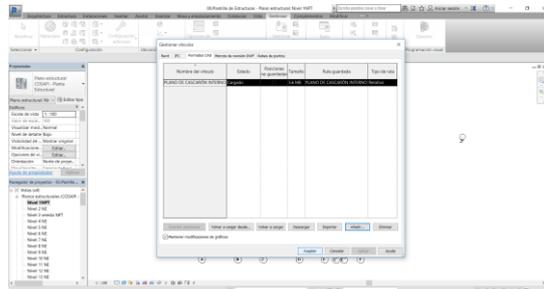
| <b>CREACIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL</b>   |  |
|--|--|
|  | <p>Para iniciar un proyecto estructural se debe cargar la plantilla estructural, dicha plantilla tendrá una vista analítica, que nos permitirá realizar el análisis del modelado de la estructura y comprobar anteriormente al cálculo los errores que podemos haber cometido en el propio modelado.</p> |
| <b>CONFIGURACIÓN DE UNIDADES DEL PROYECTO</b>  |  |
| <p style="text-align: center;"><i>Cuadro para configuración de unidades del proyecto</i></p> | <p><i>Gestionar/ Unidades del proyecto</i></p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Se podrá modificar las unidades, cantidad de decimales, el formato según la unidad escogida, entre otros.</p>  |
| <b>CREAR NIVELES/VISTAS ESTRUCTURALES</b>  |  |
|  | <p><i>Estructura/ Nivel</i></p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Con los niveles definimos las diferentes alturas que va a tener nuestra edificación.</p>  |



La plantilla que cargamos tiene 2 niveles por defecto, se debieron crear nuevos según planos. Los elementos de construcción, como vigas y columnas, están restringidos por niveles.

**VINCULACIÓN DE ARCHIVOS CAD**

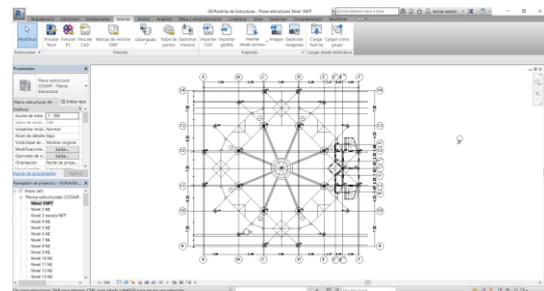
*Insertar/ Vincular CAD*



*Cuadro de Gestionar Vínculos*

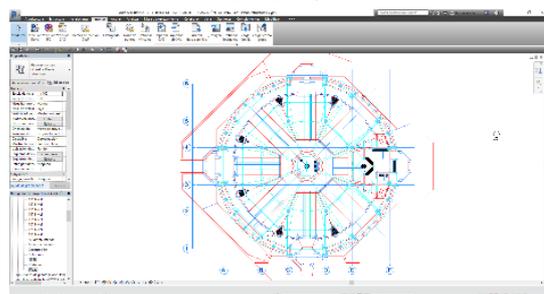


Se tomará como base los planos arquitectónicos en formato CAD entregados por los especialistas en el área.

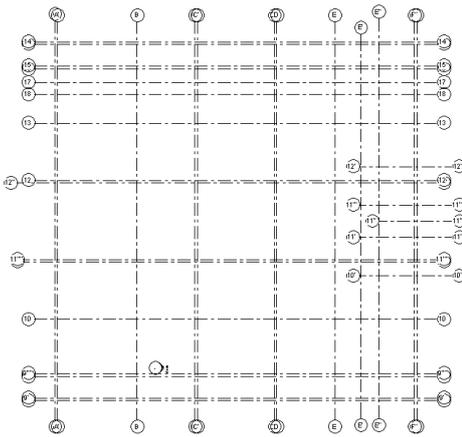
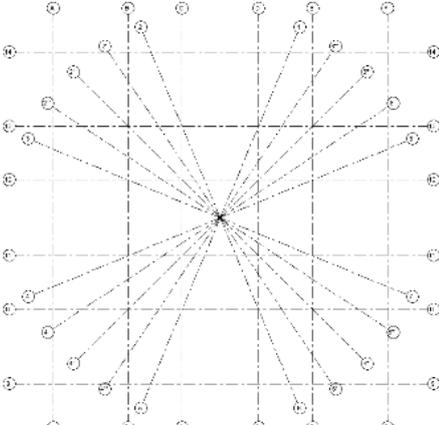
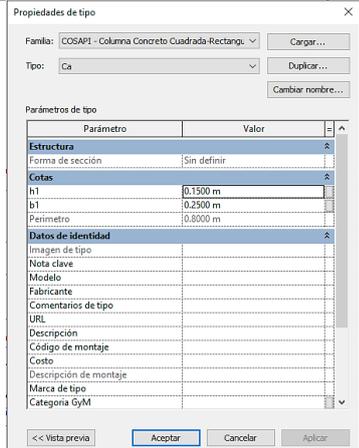


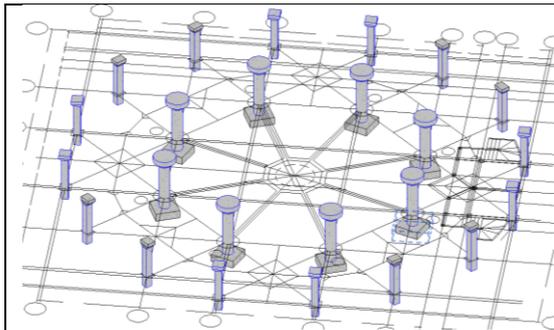
*Archivo CAD importado de Cascarón Interno*

La herramienta “Vincular CAD” conectará el modelo con el archivo original(CAD) perdiéndonos, si fuera necesario, modificar el archivo CAD original.

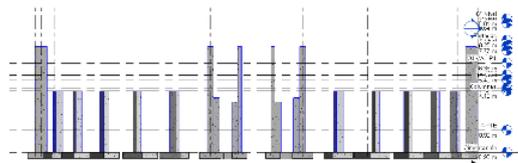


*Archivo CAD importado de Cascarón Externo*

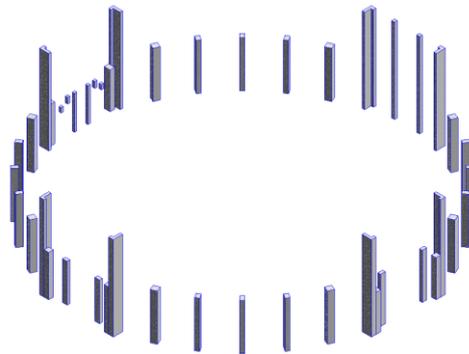
| <b>CREACIÓN DE REJILLAS</b>  |   |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;"><i>Rejilla de Cascarón Interno</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Rejilla de Cascarón Externo</i></p> | <p><i>Estructura/ Rejilla</i></p>  <p style="text-align: center;">Rejilla</p> <p>Las líneas de rejilla son nuestras guías, planos que nos sirven para “replantear” en Revit lo que vamos a empezar a construir. Para dibujarlas utilizamos la herramienta “Rejilla” y para agilizar el trabajo utilizaremos la opción de “Seleccionar líneas”, con ella se crearán las rejillas con sólo seleccionar las planteadas en el archivo CAD vinculado.</p> |
| <b>MODELADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO</b>  |   |
| <b>CREACIÓN DE COLUMNAS Y COLUMNETAS</b>   |   |
|  <p style="text-align: center;"><i>Cuadro de propiedades de tipo de columnas</i></p>  | <p><i>Estructura/ Pilar</i></p>  <p style="text-align: center;">Pilar</p> <p>Habiendo obtenido las dimensiones de los elementos estructurales a partir del predimensionamiento, podemos iniciar con la colocación de las columnas con la herramienta “Pilar Estructural”. Se debe tener en cuenta que las familias de pilares estructurales son cargables y con</p>  |



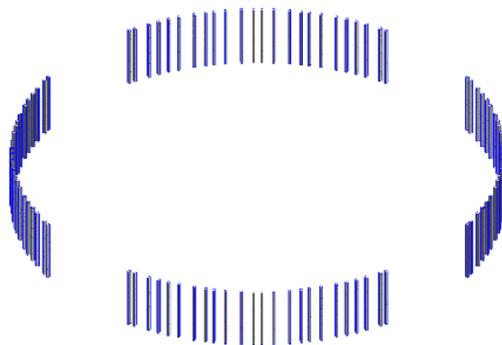
Vista 3D de columnas de Cascarón Interno



Vista en perfil de columnas de Cascarón Externo



Vista 3D de columnas de Cascarón Externo

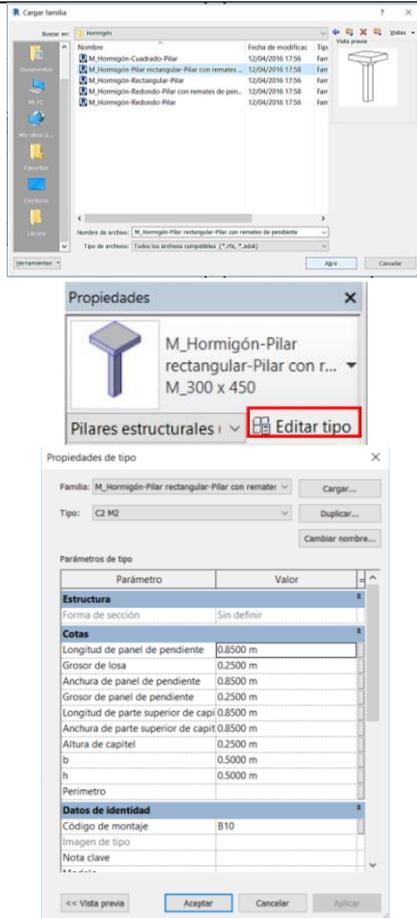


Vista 3D de columnetas de Cascarón Externo

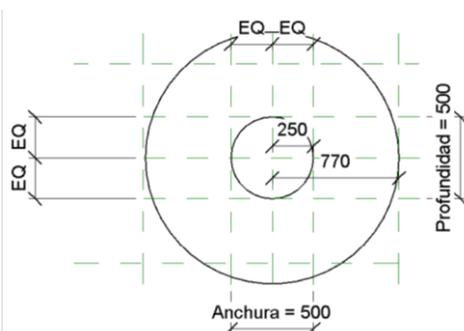
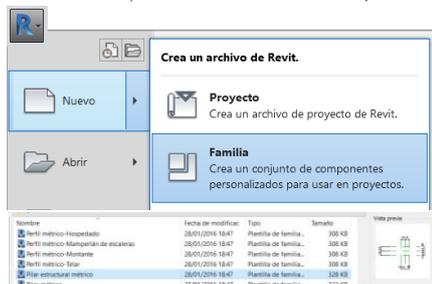
propiedades preestablecidas, sin embargo, las dimensiones pueden ser editables, por lo que es sencillo crear columnas con distintas dimensiones simplemente duplicando e introduciendo las dimensiones requeridas. A su vez, es posible introducir parámetros como: recubrimiento, material, alturas o referencias, entre otros

Las columnas del primer nivel deben incluir como restricción inferior el nivel que hemos creado con el nombre de “Cimentación” pues serán colocados hasta el nivel de cimentación.

**CREACIÓN DE MÉNSULAS**



*Pasos gráficos para cargar familia para C-2 (Cascañón Interno)*



*Pasos gráficos para cargar familia para C-3 y C-1 (Cascañón Interno)*

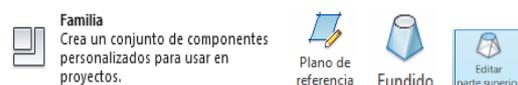
*Estructura/ Pilar/Cargar familia*



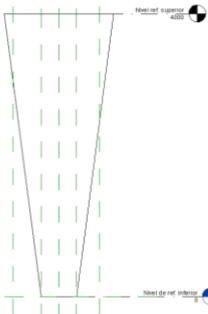
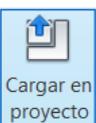
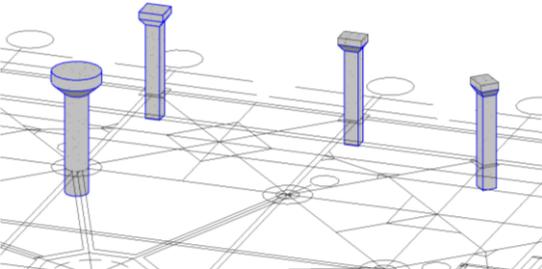
El Cascañón Interno del proyecto posee columnas con ménsulas (columnas C1, C2 Y C3) que deberán ser modificadas de familias preexistentes o creadas.

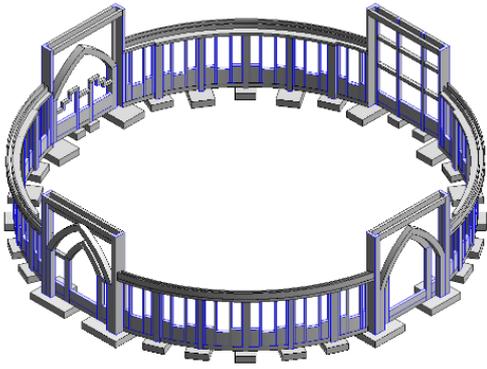
Revit presenta “familias” en todas las especialidades, en Estructuras se tiene una gama de familias de los diversos elementos estructurales. Para la creación de la C-2 se cargará la familia de columnas más conveniente y se editará con las medidas de nuestras columnas requeridas.

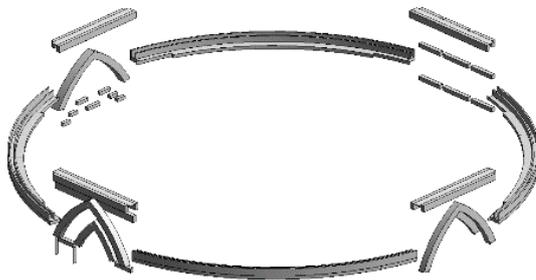
*Revit/ Nuevo/ Familia/Planos de referencia/ Editar parte superior*



Para C3 y C1 es necesario crear familias de ménsulas ya que Revit no contiene las formas que requerimos para las ménsulas M1 Y M3. Para crear la ménsula M1 se cargará la plantilla de “Pilar estructural métrico”, en ella se crearán los planos de referencia. En esta plataforma de edición

|  |   |
|--|---|
| <div style="text-align: center;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>Comandos de edición de parte superior y base de M-1</i></p> <div style="text-align: center;">  <p><i>Vista 3D de M-1</i></p>  <p><i>Vista de alzados de M-1 creada</i></p>   <p><i>Vista 3D de columnas C-1 y C-3 con ménsulas M-1 Y M-3</i></p> </div> | <p>la herramienta “Fundido” nos ayudará a crear una forma 3D sólida que cambiará a lo largo de su longitud, esta herramienta fusiona dos perfiles, una forma inicial a una forma final. Para modificar la parte superior del fundido de la ménsula se utilizará la herramienta de “Editar parte superior” y para editar la base se utilizará “Editar Base”. En la vista de “alzados”, bloqueamos la parte superior para poder colocar la altura, una vez finalizado la edición cargamos en el proyecto.</p> <p>Finalmente colocamos las ménsulas sobre las columnas y sus ubicaciones correspondientes.</p> |
|--|---|

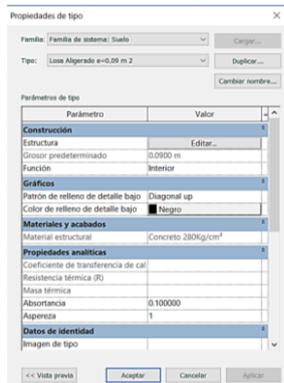
|  |  |
|--|--|
| <p><b>CREACIÓN DE VIGAS</b></p>  |  |
| <div style="text-align: center;">  <p><i>Vista 3D de Cascaón Externo</i></p> </div> | <p>Estructura/Viga</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Teniendo las dimensiones de las vigas podemos añadir las vigas con la</p> |



Vista 3D de vigas y canaletas del Cascarón Externo

herramienta “Vigas”. Se debe tener en cuenta que las familias de vigas son cargables y con propiedades preestablecidas, sin embargo, las dimensiones pueden ser editables, por lo que es sencillo crear vigas con distintas dimensiones simplemente duplicando e introduciendo las dimensiones requeridas. El comando vigas presenta herramientas de dibujo, incluso solo seleccionando una línea de los archivos Cad vinculados en una vista planta o de una línea de modelo.

**CREACIÓN DE LOSAS**



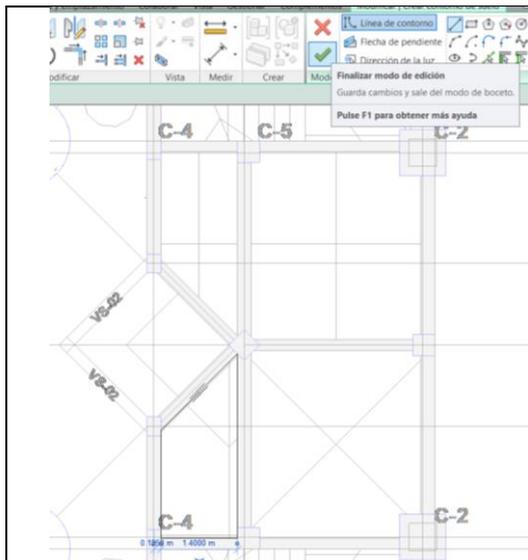
Cuadro de propiedades de tipo de losa aligerada para sacristía

*Estructura/Suelo/Suelo:estructural*

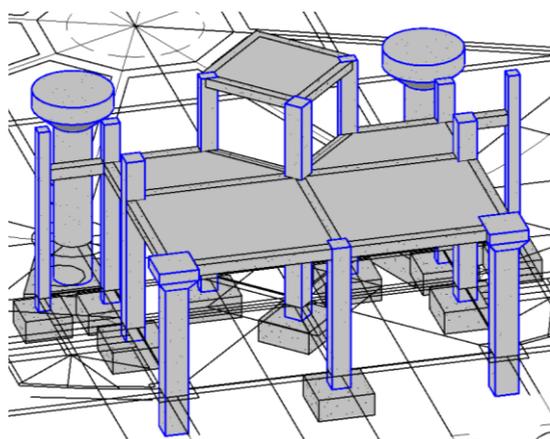


En el cascarón interno, en la sacristía se tiene un segundo nivel para lo cual configuramos las propiedades de tipo una losa aligerada de 20cm con un equivalente en espesor de concreto de 0.09m.

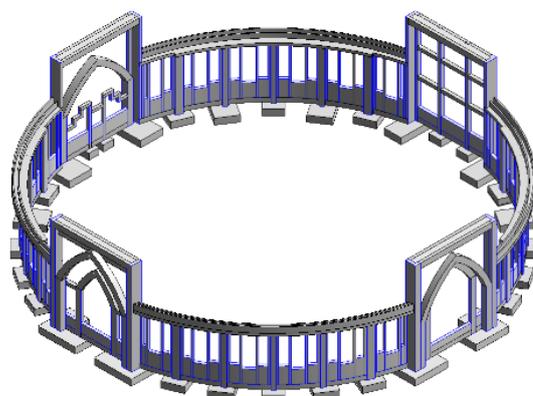
Nos ubicamos en el nivel correspondiente, en nuestro caso el nivel donde se encuentra la losa de la sacristía es el Nivel 6 NE.



*Modelado de losa de sacristía en vista en planta*



*Vista 3D de losas de Sacristía*



*Vista 3D de losas de Cascarón Externo*

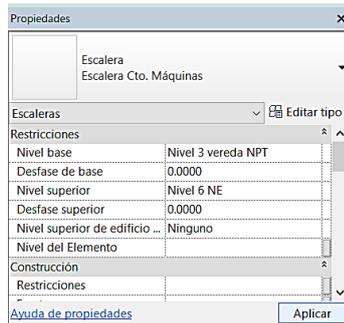
Para el dibujo de la losa hacemos uso de los comandos de dibujo que nos presenta:

- Línea de contorno
- Flecha de pendiente
- Dirección de la luz

Al término del dibujo, finalizamos el modo de edición.

En una vista 3D podemos visualizar la losa de la sacristía del cascaron interno, así como en el caso del cascarón externo se visualiza 1 losa techo en sus cada una de sus portadas haciendo un total de 4.

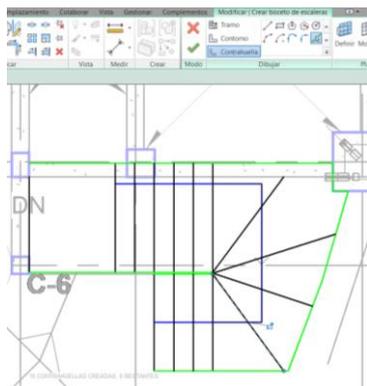
**CREACIÓN DE ESCALERAS**



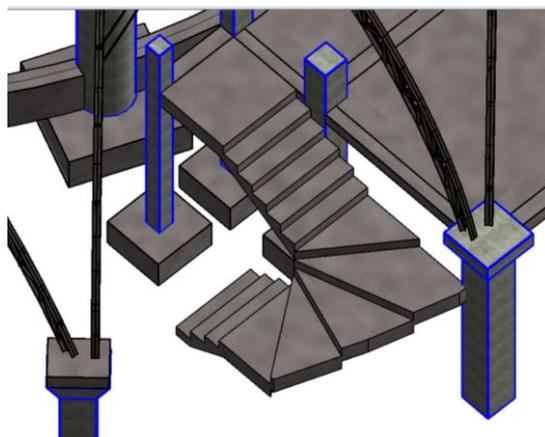
*Sección restricciones en cuadro de propiedades de escalera*

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Cotas                        |        |
| Anchura                      | 1.4000 |
| Número de contrahuellas ...  | 14     |
| Número de contrahuellas r... | -1     |
| Altura de contrahuella real  | 0.1786 |
| Profundidad de huella real   | 0.2800 |

*Sección cotas en cuadro de propiedades de escalera*



*Dibujo de escalera mediante la opción boceto*



*Vista 3D de escalera de sacristía en Cascarón Interno*

*Arquitectura/Escalera/Escalera por boceto*



La herramienta de modelado de escalera solo la encontramos en Arquitectura, y como la forma de nuestra escalera es atípica, generaremos una “Escalera por boceto”.

En el cuadro de Propiedades:

En la sección de restricciones colocamos el nivel base y el nivel superior dentro de los cuales se encuentra la escalera

En la sección de cotas colocamos el número de contrahuellas que se desea

La opción de escalera por boceto te permite modelar el contorno según sea la forma de tu escalera atípica, colocar los tramos con las contrahuellas deseadas.

La escalera que se tiene en la sacristía en el cascarón interno tiene 15 contrahuellas con la forma que se muestra en la imagen.

### CREACIÓN DE CIMENTACIÓN

Propiedades de tipo

Familia: COSAPI - Zapata Cuadra-Rectangular Cargar...

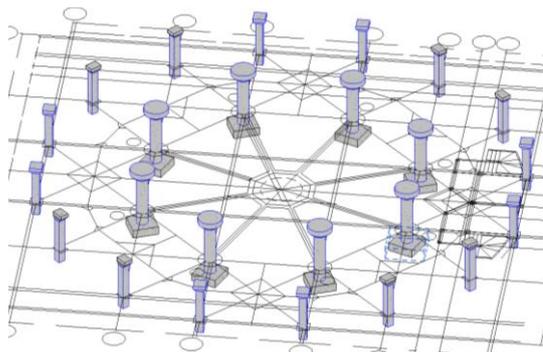
Tipo: Z-1 Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

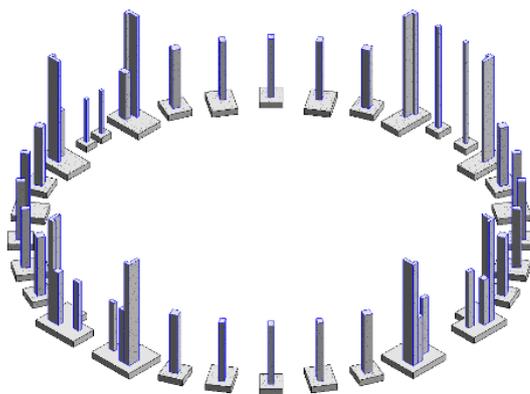
| Parámetro                 | Valor                |
|---------------------------|----------------------|
| <b>Cotas</b>              |                      |
| Anchura                   | 1.8000 m             |
| Perimetro Zapata          | 7.2000 m             |
| Longitud                  | 1.8000 m             |
| Encofrado Zapata          | 3.240 m <sup>2</sup> |
| Área Zapata               | 3.240 m <sup>2</sup> |
| Altura                    | 0.500 m              |
| <b>Datos de identidad</b> |                      |
| Código de montaje         |                      |
| Imagen de tipo            |                      |
| Nota clave                |                      |
| Modelo                    |                      |
| Fabricante                |                      |
| Comentarios de tipo       |                      |
| URL                       |                      |
| Descripción               |                      |
| Costo                     |                      |
| Descripción de montaje    |                      |

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

*Cuadro de propiedades de tipo de zapata Z-1*



*Vista 3D de cimentación en Cascarón Interno*



*Vista 3D de cimentación en Cascarón Externo*

### Estructura/Cimentación

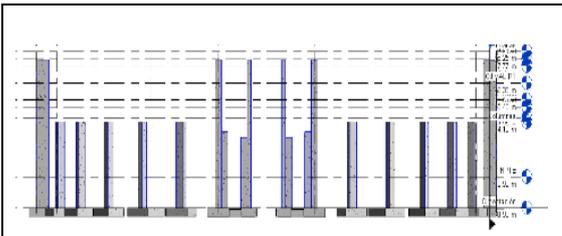


Una vez colocados los muros y pilares debemos pasar al siguiente elemento de modelado que son las zapatas que van a completar la cimentación.

Cuando seleccionamos la colocación de zapatas aisladas, nos da dos opciones de colocación, en rejilla o en pilares, utilizamos la más conveniente.

Las categorías que usamos son las zapatas aisladas y zapatas corridas y debemos siempre comprobar que las zapatas las colocamos a nivel de cimentación, y si hacemos una sección comprobaremos que hace coincidir la cara superior de la zapata con el nivel de cimentación que nosotros habíamos establecido.

Al igual que los demás elementos estructurales, el software ya presenta familias de zapatas, a las cuales haremos las configuraciones correspondientes para ajustar al tamaño requerido.

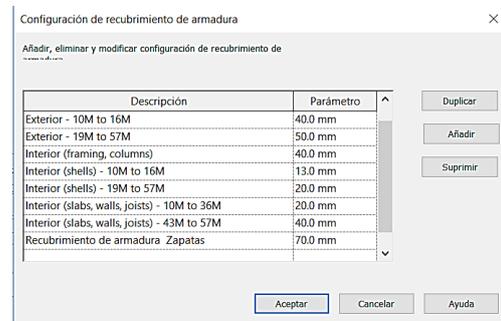


Vista 3D en perfil de cimentación en Cascarón Externo

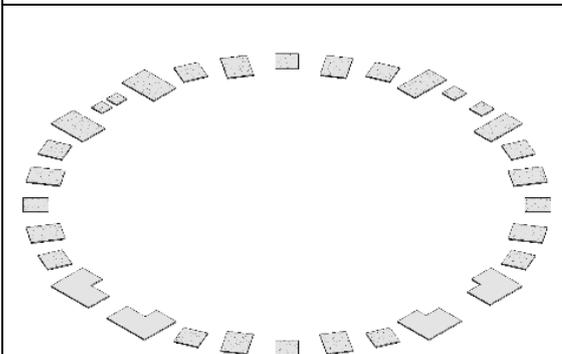
Para verificar y en caso sea necesario configurar el recubrimiento, tenemos en la solapa estructura, grupo de opciones refuerzo, opción recubrimiento



Para crear otro valor del recubrimiento debemos pinchar en el botón de los puntos suspensivos y nos aparecerá una ventana emergente en la que podremos crear todos los valores de recubrimiento que creamos necesarios, p.ej. un valor determinado solo para zapatas será 70 mm mínimamente.



**CREACIÓN DE SOLADOS PARA ZAPATAS**



Vista 3D de solados en Cascarón Externo

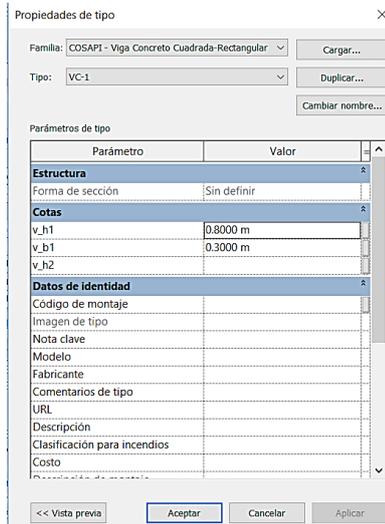
*Estructura/Cimentación*



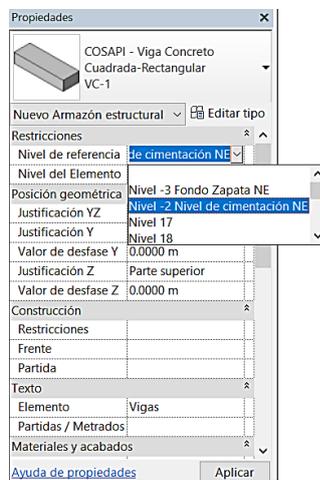
El modelado del solado sigue el mismo procedimiento de las zapatas, el área de los solados también se configuran

dependiendo de las medidas de cada zapatas pero la altura diseñada para todos los solados es de 10 cm.

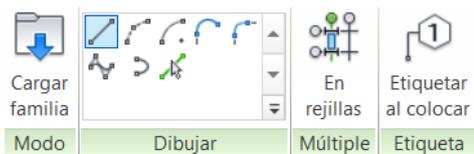
**CREACIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN**



*Cuadro de propiedades de tipo de viga VC-1*



*Sección restricciones en cuadro de propiedades de Viga VC-1*



*Herramientas de dibujo para modelado de Vigas*

*Estructura/Viga*

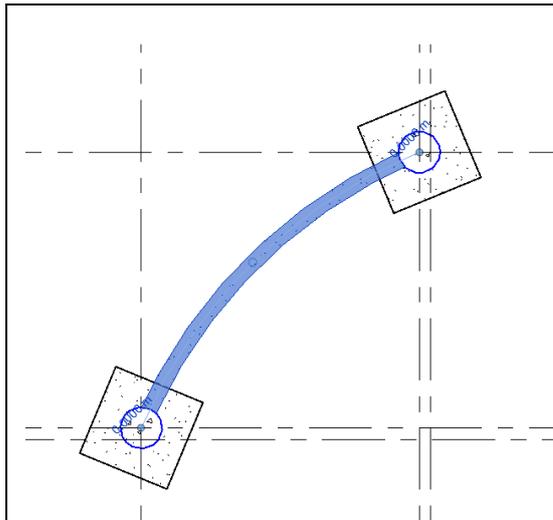


El siguiente paso para rematar la cimentación, sería la colocación de las vigas centradoras o de atado de las zapatas.

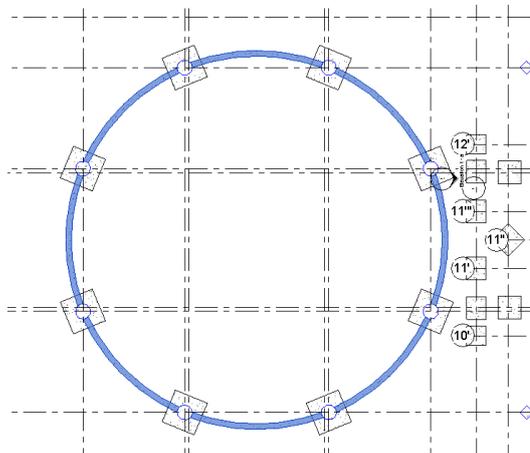
Dichas vigas se consideran vigas normales estructurales y así las vamos a modelar. En el nivel cimentación, seleccionamos la opción vigas, del grupo estructura, de la solapa estructura de la cinta de opciones.

En el desplegable de selección de tipos seleccionamos el tipo de viga para cada caso, para ello podemos crear nuestra Elaboración propia viga de cimentación, por el procedimiento habitual.

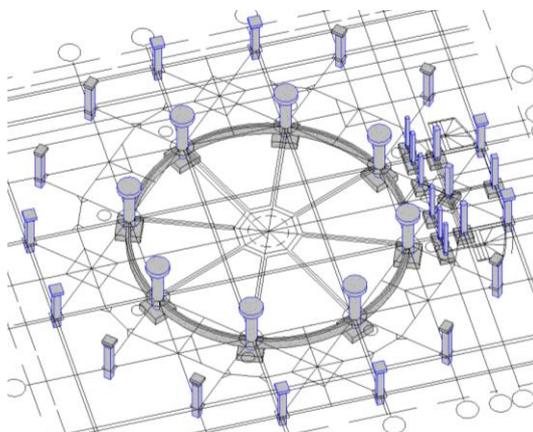
Para ello editamos el tipo, pinchamos en el botón duplicar seleccionamos cambiar nombre y tecleamos el nombre correspondiente por ejemplo “VC-1” y



Detalle en planta de viga de cimentación  
VC-1 de Cascarón Interno



Vista en planta de viga de cimentación  
VC-1 de Cascarón Interno



Vista 3D de vigas de cimentación en  
Cascarón Interno

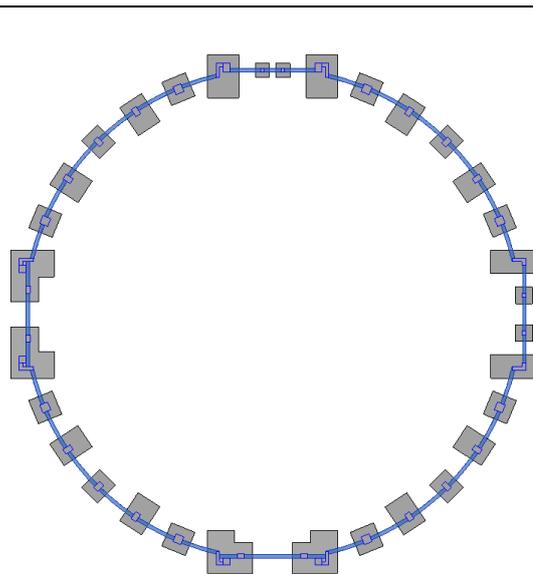
cambiamos los parámetros ancho y alto por los valores adecuados, finalmente damos aceptar y ya hemos creado el nuevo tipo de viga.

En el cuadro de propiedades de viga, tenemos una serie de parámetros que nos va a permitir situar las vigas, tanto en alzado y nivel de referencia como en planta de la manera que a nosotros nos interese.

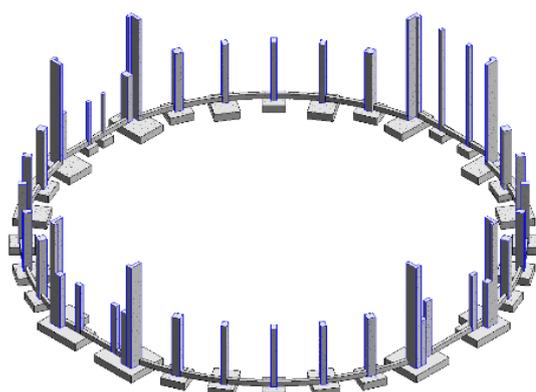
Para la colocación de la viga tenemos las opciones de dibujo habituales, también podemos seleccionar rejillas y en todos los elementos estructurales que hemos trabajado los podemos etiquetar al colocar, de las etiquetas de los elementos estructurales.

En el caso del proyecto modelamos dos vigas de cimentación circular una en el cascarón interno y otra en el externo, ambas se pueden visualizar en la parte izquierda.

Podemos observar el comportamiento especial de las vigas, al seleccionar



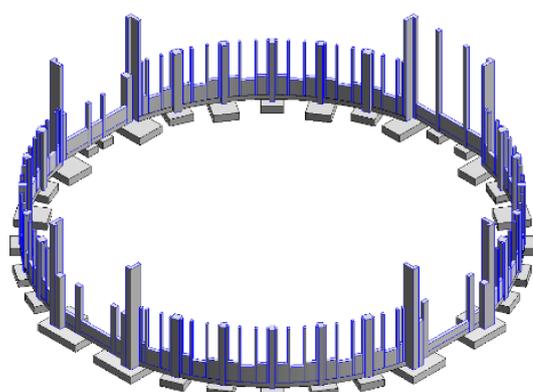
*Vista en planta de viga de cimentación VC-2 de Cascarón Externo*



*Vista 3D de vigas de cimentación de Cascarón Externo*

cualquier viga vemos que los puntos azules, nos aparecen en los extremos reales de la viga, aunque no esté modelada hasta allí, porque los pilares tienen una geometría que corta a las vigas, por lo que su volumen no llega a los puntos de apoyo, a su vez en cada uno de los puntos aparece un valor numérico que corresponde la altura de dicho extremo sobre el nivel de referencia, en este punto lo podremos modificar y crear vigas inclinadas directamente.

**CREACIÓN DE SOBRECIMENTOS**

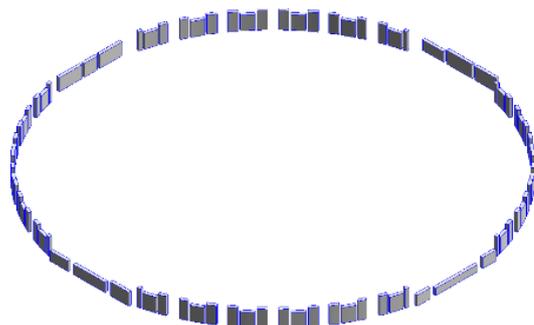


*Vista 3D de Cascarón Externo*

*Estructura/Viga*



El modelado del sobrecimiento sigue el mismo procedimiento de las vigas de cimentación, las áreas también se



*Vista 3D de sobrecimientos del Cascarón Externo*

configuran dependiendo de las medidas de los muros que soportan y la altura depende de la diferencia entre el nivel de la superficie del cimiento y el nivel escogido para el piso, más unos 10 cm.

En las imágenes se puede visualizar los sobrecimientos en el cascarón externo.

### **CONFIGURACIÓN DE ACERO DE REFUERZO**

En este paso tratamos el modelado de las armaduras de acero corrugado integradas dentro de los elementos estructurales, empezamos por la configuración Elaboración propia de los elementos de armado

### **CONFIGURACIÓN DE ARMADO DE ELEMENTOS**

En el grupo de refuerzos de la solapa estructura pinchamos en el triángulo que marca que hay una ventana emergente de configuración, la primera opción es la de los recubrimientos, nos aparece esta ventana seleccionando “configuración de refuerzo”.

A la izquierda tenemos el grupo de configuraciones y a la derecha las opciones de cada una de ellas. Estas configuraciones, afectan a todas las armaduras y hay que seleccionar antes de empezar a modelar los armados:

General

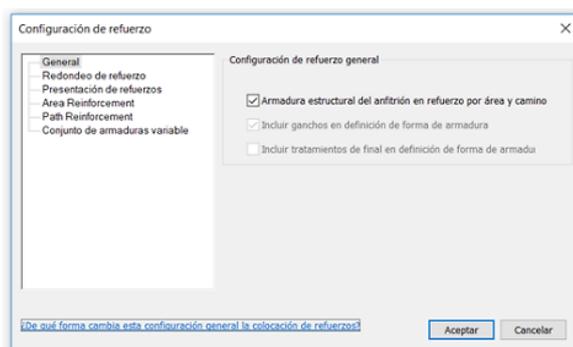
Redondeo de refuerzo

Presentación de refuerzos

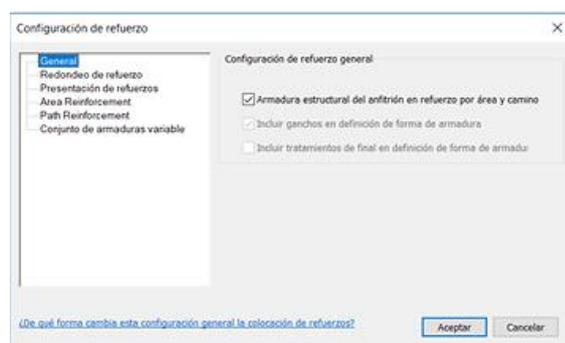
Refuerzo de área

Refuerzo por camino

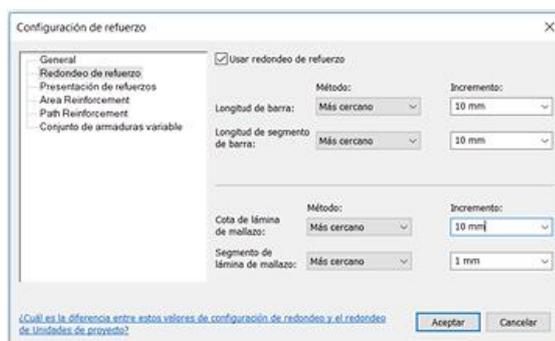
Conjunto de armaduras variable



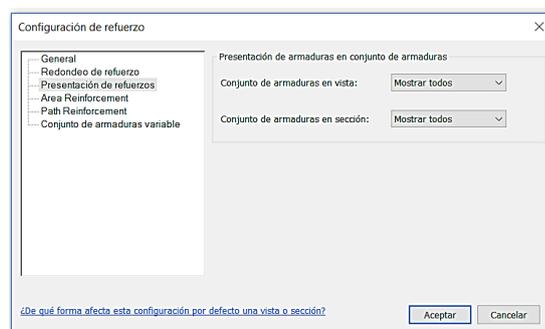
*Cuadro de configuración de refuerzo*



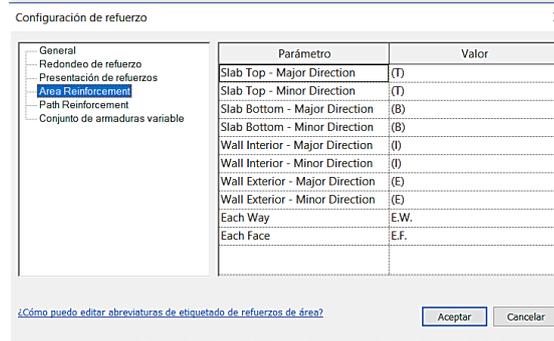
*Sección “General” de cuadro de configuración de refuerzo*



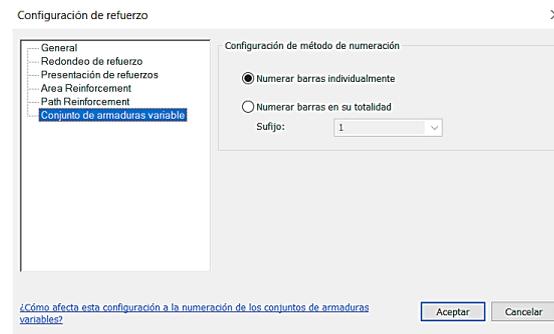
*Sección “Redondeo de refuerzo” de cuadro de configuración de refuerzo*



*Sección “Presentación de refuerzos” de cuadro de configuración de refuerzo*



Sección “Área Reinforcement” de cuadro de configuración de refuerzo



Sección “Conjunto de armaduras variables” de cuadro de configuración de refuerzo

## MODELADO DE ARMADURA

Una vez seleccionado el elemento al que se desea incorporar el acero de armadura.

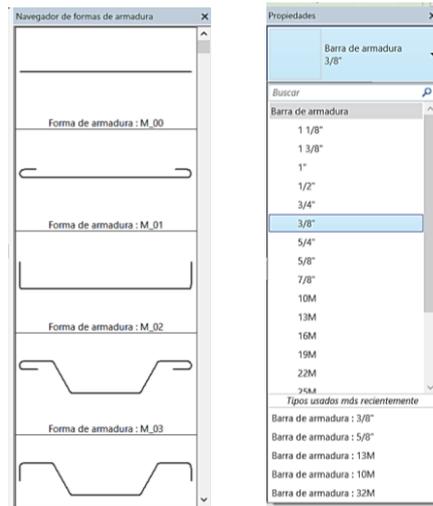
Las opciones de modelado de armadura nos aparecen en el bloque refuerzo de la solapa estructura y son las siguientes:



Seleccionamos Armadura:



En la barra de opciones o Navegador de Formas de armadura, selecciona una de las formas de armadura como se muestran en las siguientes imágenes. Además, se puede modificar el tipo de barra de refuerzo en el selector de tipo



En la ficha Modificar/Colocar Armadura, en el grupo Familia, haga click en la opción Cargar formas para cargar tipos de familia barras de refuerzo adicionales.



En la ficha Modificar/Colocar armadura:

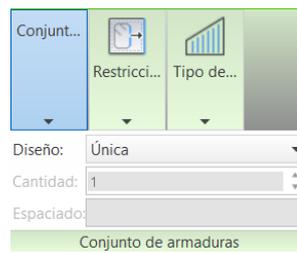
En el grupo Plano de colocación, seleccionar la ubicación de la colocación:

|  |                                     |  |
|--|-------------------------------------|--|
|  | Plano de trabajo actual             | Coloca la armadura en el plano de trabajo activo en la vista del anfitrión                                     |
|  | Referencia de recubrimiento cercana | Coloca la armadura en la referencia de recubrimiento mas cercana en posición paralela a la vista del anfitrión |
|  | Referencia de recubrimiento lejana  | Coloca la armadura en la referencia de recubrimiento mas lejana en posición paralela a la vista del anfitrión  |

En el grupo Orientación de colocación, seleccione el tipo de posición:

|  |                               |   |
|--|-------------------------------|---|
|  | Paralela a plano de trabajo   | Coloca la armadura paralela al plano de trabajo actual  |
|  | Paralela a recubrimiento      | Coloca la armadura perpendicular al plano de trabajo y paralela a la referencia de recubrimiento mas próxima      |
|  | Perpendicular a recubrimiento | Coloca la armadura perpendicular al plano de trabajo y perpendicular a la referencia de recubrimiento mas próxima |
|  | Boceto de armadura            | Abre el editor de bocetos para la forma de armadura   |

En el grupo Conjunto de armaduras, especifique el diseño y luego configure la cantidad y espaciamiento correspondiente como sea necesario:



Luego pasamos el cursor sobre el elemento que se desea reforzar, haga click para colocarlo cuando está en la posición requerida.

Cabe resaltar que existe la forma Boceto de armadura, que permite dibujar nuevas formas.

### CREACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

Creación de acero de refuerzo longitudinal en vigas de cimentación de Cascarón Externo

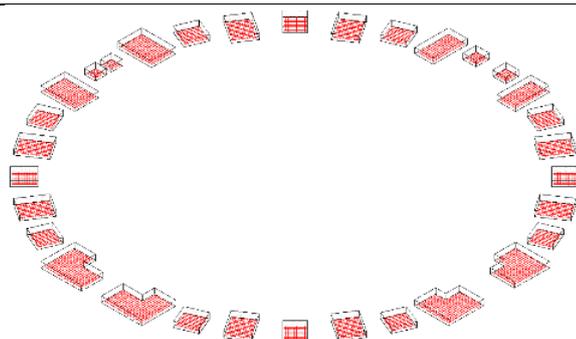
Es importante que comprendamos que el primer paso para la colocación de las armaduras es gestionar la vista en la que vamos a trabajar.

Para colocar las armaduras de cualquier elemento es fundamental que abramos siempre una sección transversal del mismo, solo ahí podremos incorporar el acero longitudinal y transversal en los elementos estructurales.

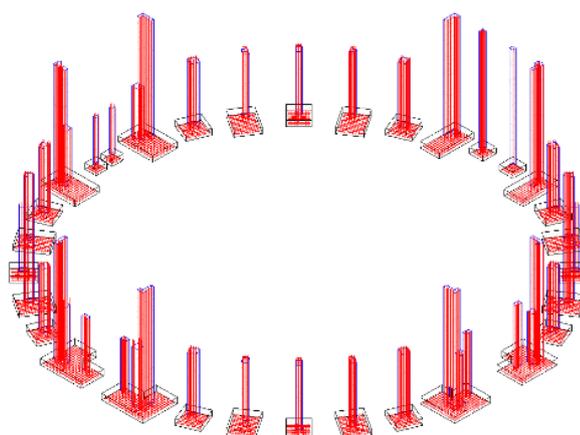
A continuación, se presenta los procesos gráficos de colocación de acero de refuerzo longitudinal en los elementos estructurales del cascarón externo:

|   |   |
|---|---|
| Estructura                                |   |
| Activar modelo analítico                  | <input checked="" type="checkbox"/>       |
| Recubrimiento de armadura - Cara superior | Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm> |
| Recubrimiento de armadura - Cara inferior | Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm> |
| Recubrimiento de armadura - Otras caras   | Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm> |

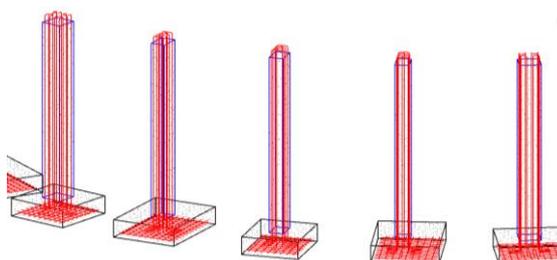
*Colocación de recubrimiento para zapatas*



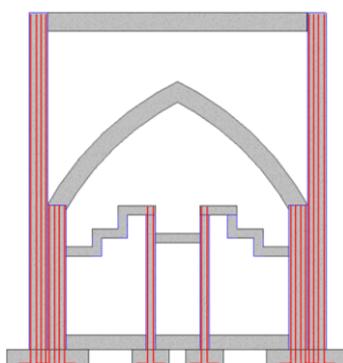
*Creación de acero de refuerzo en cimentación*



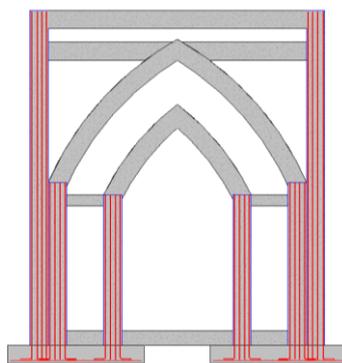
*Creación de acero de refuerzo longitudinal en columnas*



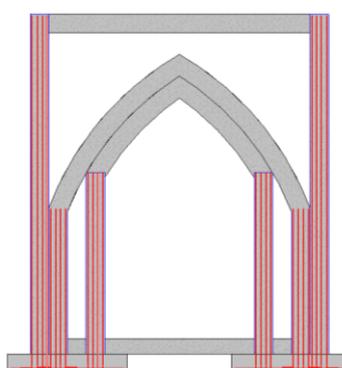
*Detalle de acero de refuerzo longitudinal en columnas*



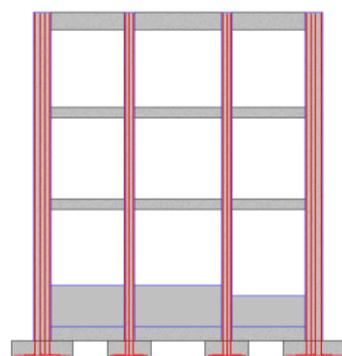
*Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Norte*



*Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Oeste*

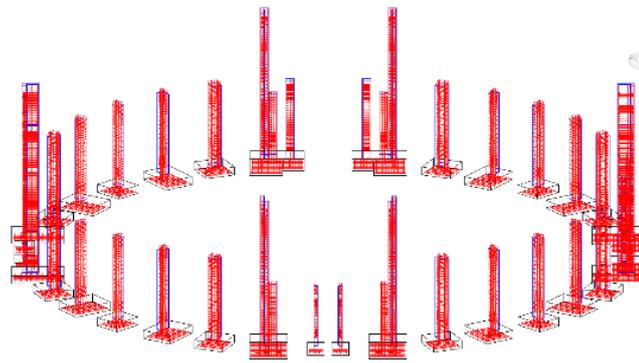


*Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Sur*

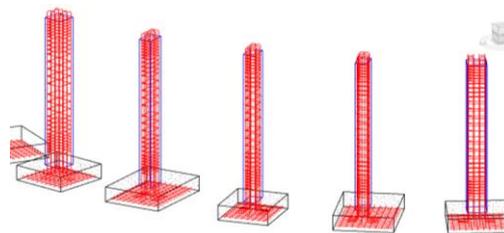


*Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Sur*

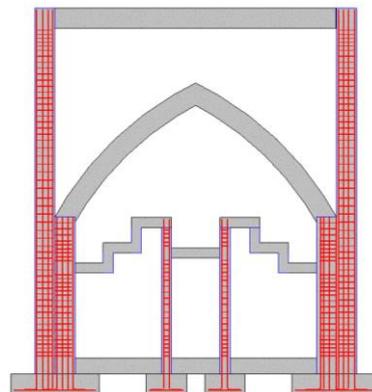
A continuación, se presenta los procesos gráficos de colocación de acero de refuerzo transversal en los elementos estructurales del cascarón externo:



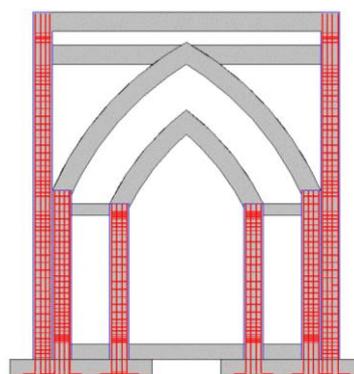
*Creación de acero de refuerzo transversal en columnas*



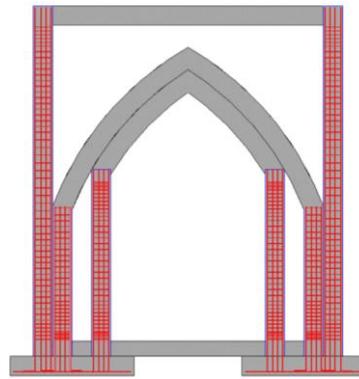
*Detalle de acero de refuerzo transversal en columnas*



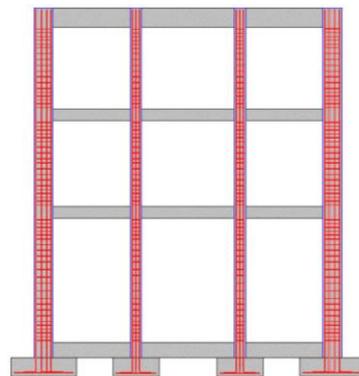
*Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Norte*



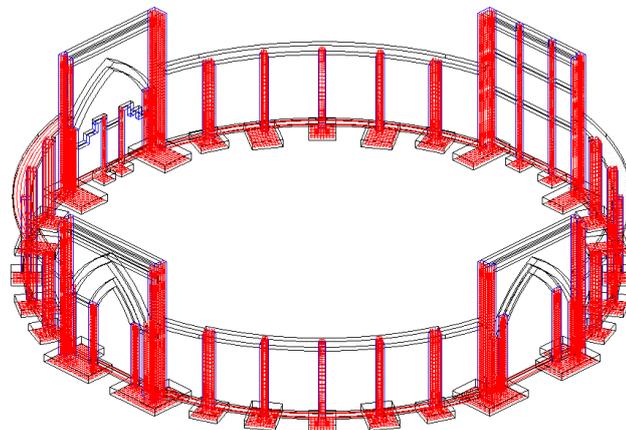
*Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Oeste*



*Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Sur*



*Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Este*

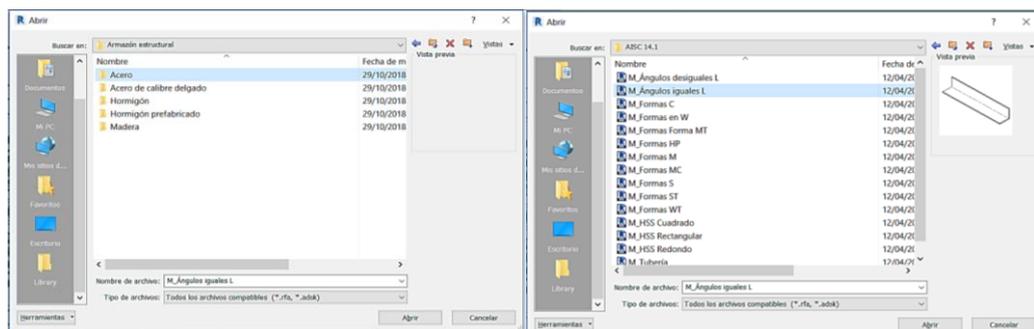
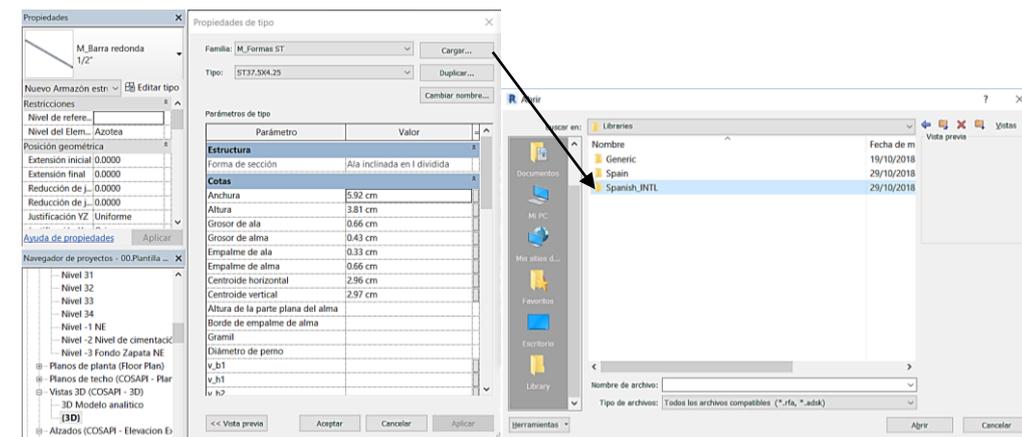


*Vista 3D de acero de refuerzo en elementos estructurales*

## MODELADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

El modelado de las estructuras metálicas se realizó con el elemento “Vigas” de la sección de Estructuras, damos click en “Editar tipo” y cargamos las familias de perfiles de Acero existentes en la librería de Revit como se visualiza en las siguientes imágenes.

Los perfiles que cargamos fueron definidos en el diseño estructural en la etapa de

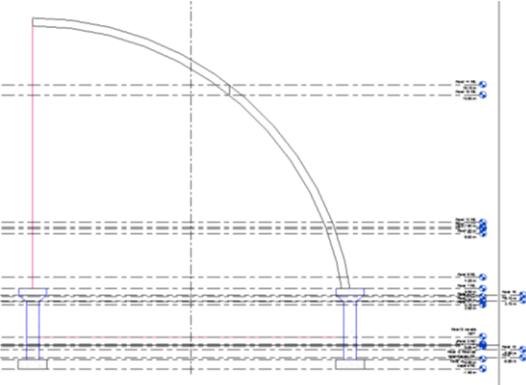
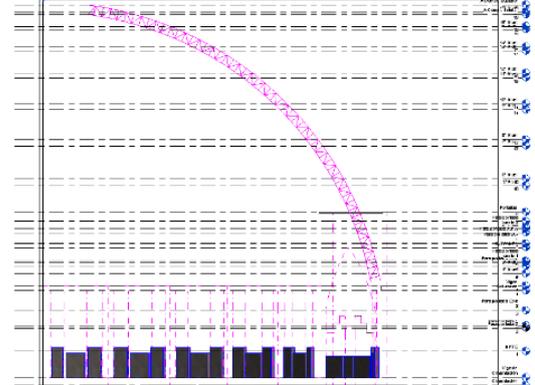
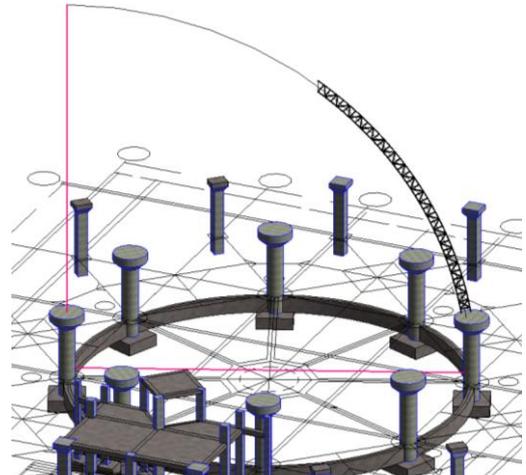
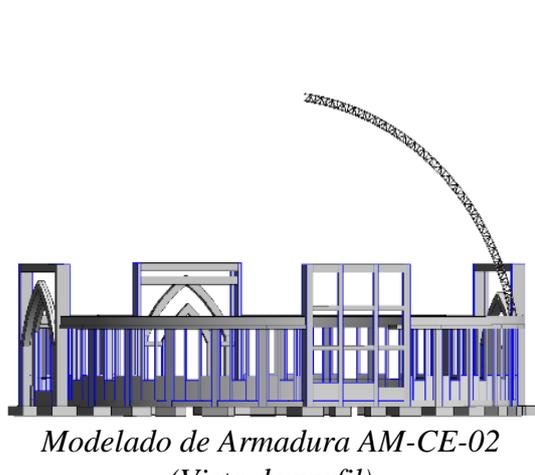
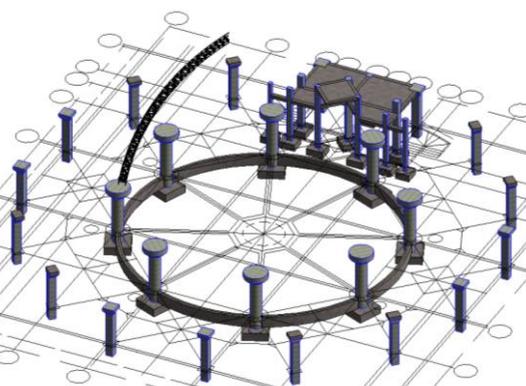
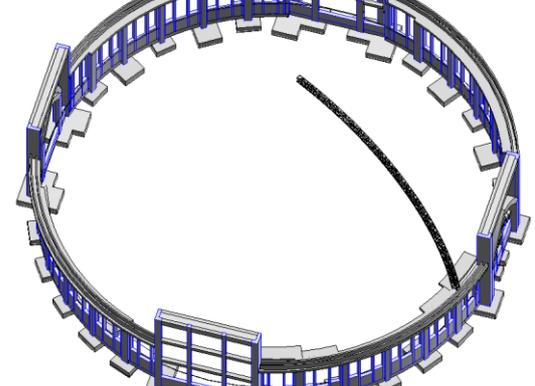


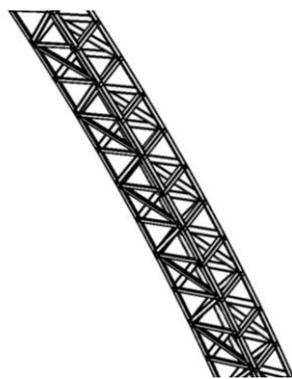
Para el modelado de los tipos de armaduras y cerchas de los cascarones metálicos componentes del Templo Niño Salvador del Mundo utilizamos las diversas vistas:

Alzados secciones, vista en planta, elevaciones que la plataforma Revit ofrece.

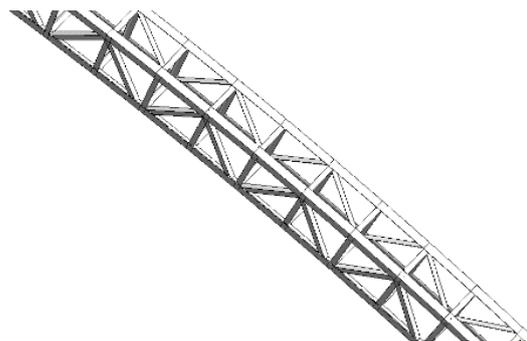
También se hizo uso de los comandos de dibujo y las herramientas de la sección Modificar para generar espejos y réplicas de los elementos repetentes.

A continuación, se ve un procedimiento gráfico del modelado de las estructuras metálicas:

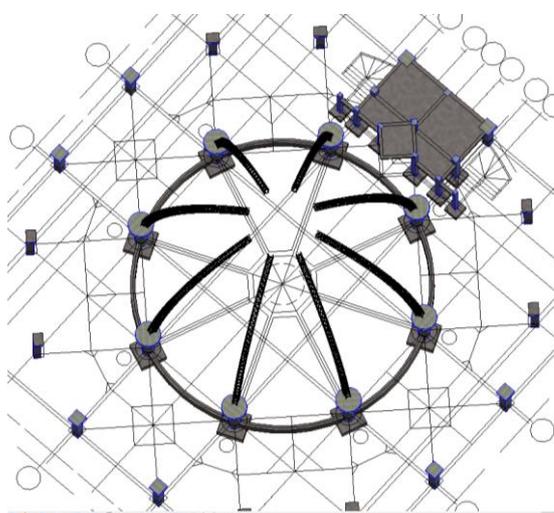
| <p><b>CASCARÓN INTERNO</b><br/><b>ARMADURA AM-CI-01</b></p>                         | <p><b>CASCARÓN EXTERNO</b><br/><b>ARMADURA AM-CE-02</b></p>                          |
|---|--|
|    |    |
| <p><i>Dibujo CAD de armadura vinculado</i></p>                                      | <p><i>Dibujo CAD de armadura vinculado</i></p>                                       |
|   |   |
| <p><i>Modelado de Armadura AM-CI-01 (Vista de perfil)</i></p>                       | <p><i>Modelado de Armadura AM-CE-02 (Vista de perfil)</i></p>                        |
|  |  |
| <p><i>Modelado de Armadura AM-CI-01 (Vista 3D)</i></p>                              | <p><i>Modelado de Armadura AM-CE-02 (Vista 3D)</i></p>                               |



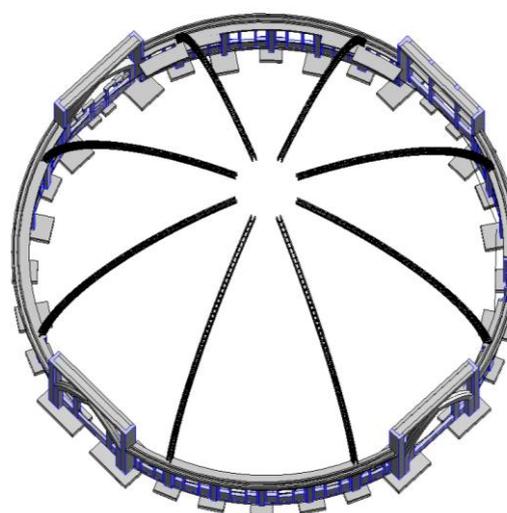
*Rotación de ejes de perfiles para la Armadura AM-CI-01*



*Rotación de ejes de perfiles para la Armadura AM-CE-02*



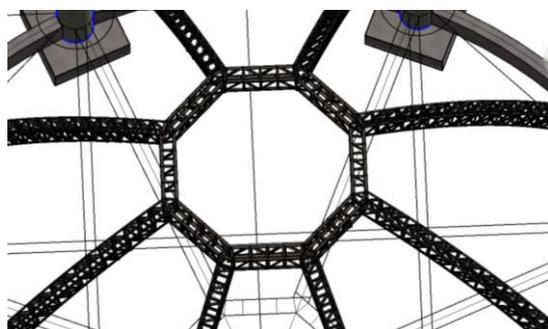
*Réplica de Armadura AM-CI-01*



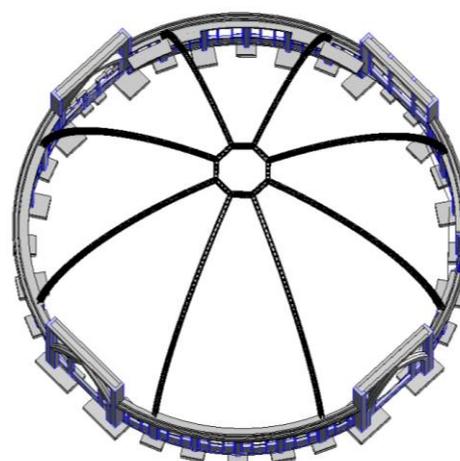
*Réplica de Armadura AM-CE-02*

**ANILLO DE COMPRESIÓN AM-CI-02**

**ANILLO DE COMPRESIÓN AM-CE-01**



*Modelado de Anillo de Compresión AM-CI-02 (vista 3D)*

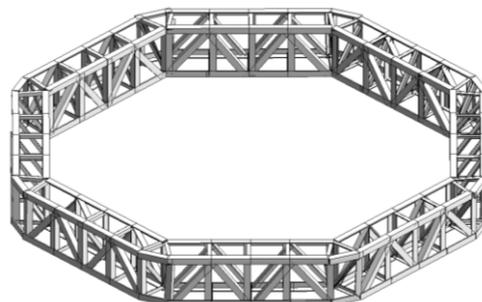


*Modelado de Anillo de Compresión AM-CE-01 (vista 3D)*



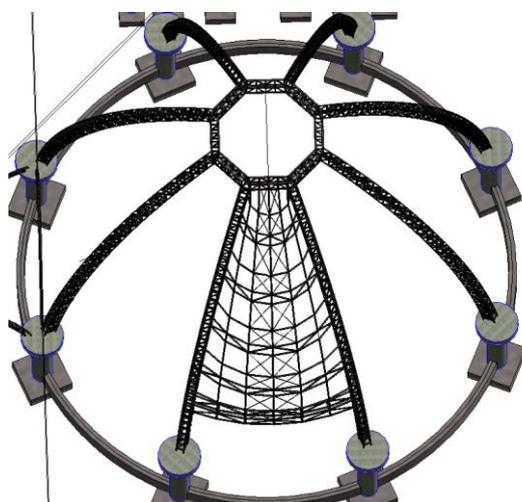
*Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Compresión AM-CI-02*

**CERCHA C-CI-01**

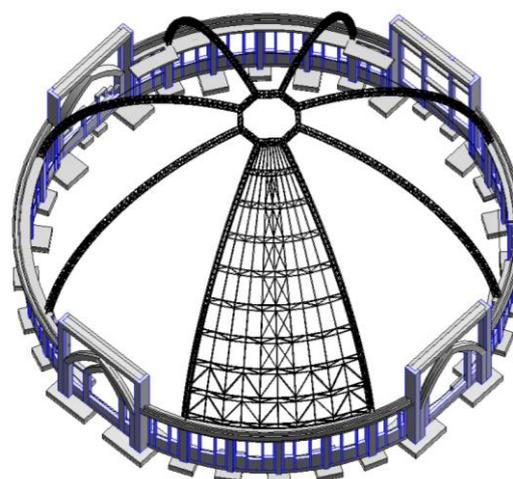


*Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Compresión AM-CE-01*

**CERCHA C-CE-01**

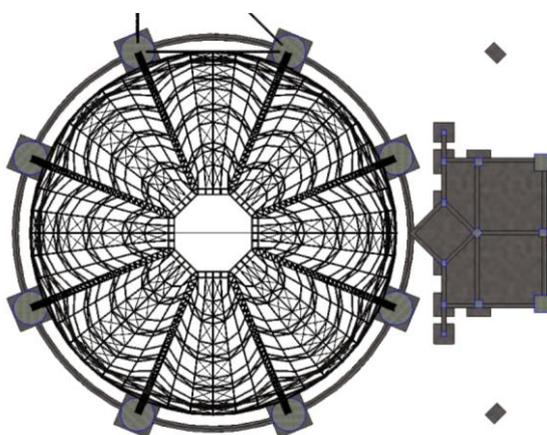


*Modelado de Cercha de cerramiento C-CI-01 (Vista 3D)*

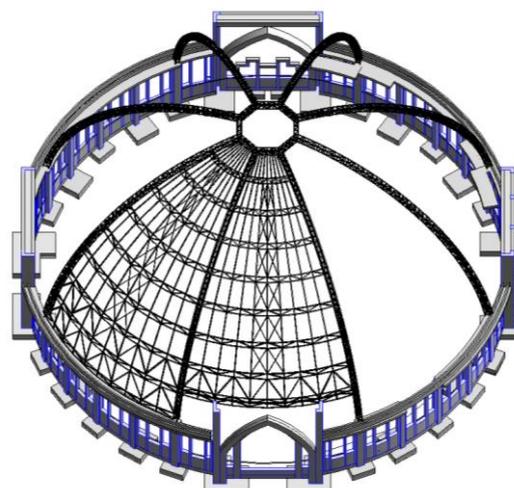


*Modelado de Cercha C-CE-01 (Vista 3D)*

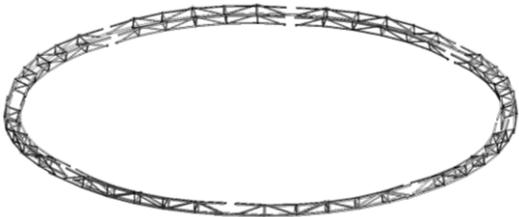
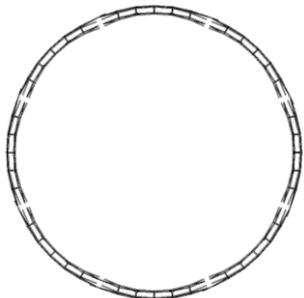
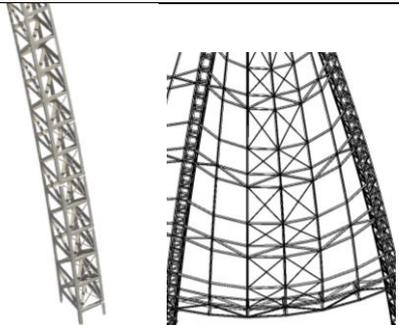
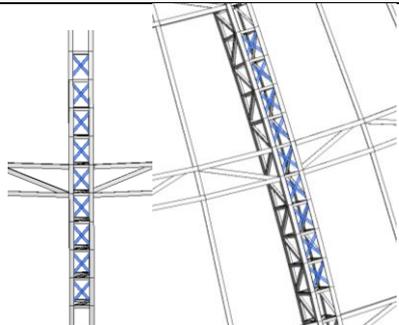
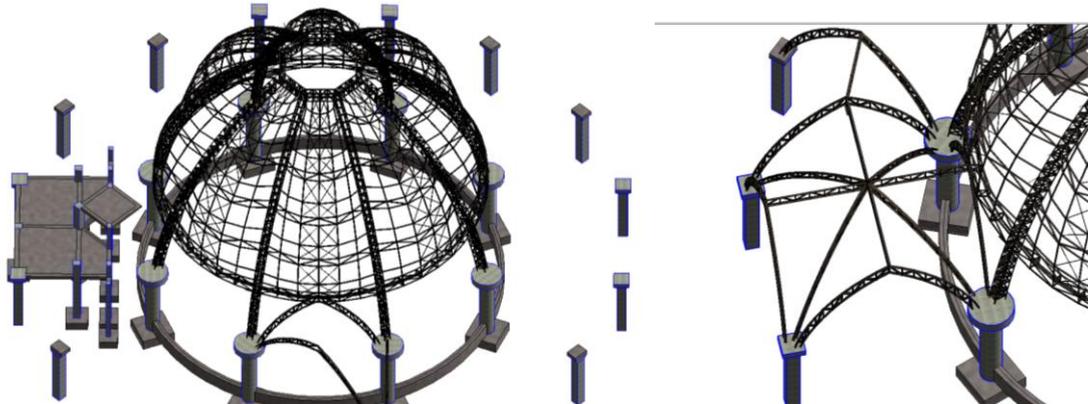
**CERCHA C-CE-02**

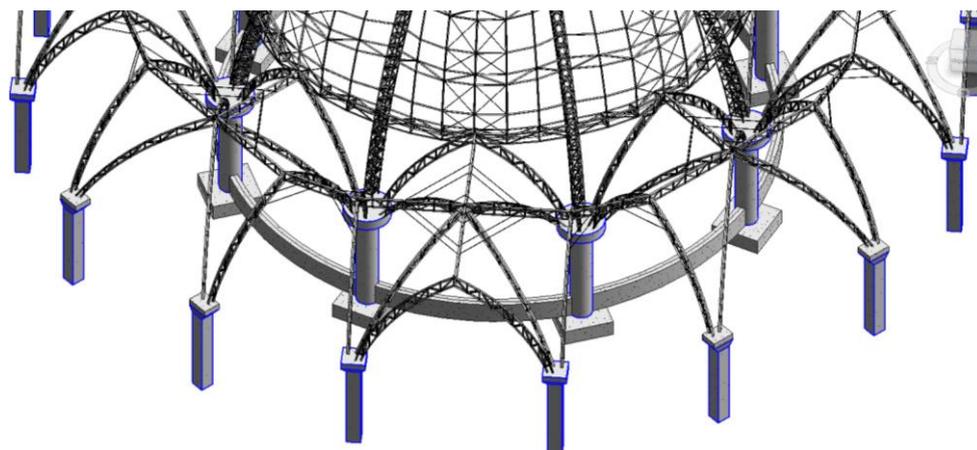


*Réplica radial de Cercha C-CI-01 (Vista en planta)*



*Modelado de Cercha C-CE-02 (Vista 3D)*

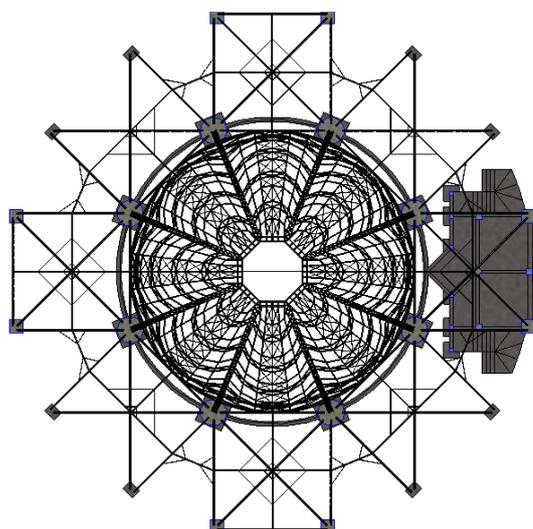
|  |   |
|--|---|
| <p><b>ANILLO DE TRACCIÓN AM-CI-03</b></p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CI-03 (Vista 3D)</i></p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CI-03 (Vista en planta)</i></p> | <p><b>ANILLO DE TRACCIÓN AM-CE-03</b></p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CE-03 (Vista 3D)</i></p>  <p><i>Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Tracción AM-CE-03</i></p> |
| <p><b>TENSORES</b></p>  <p><i>Modelado de tensores en Armadura AM-CI-01 y Cerchas C-CI-01</i></p>   | <p><b>TENSORES</b></p>  <p><i>Modelado de tensores en Armadura AM-CE-01</i></p>   |
| <p><b>BÓVEDAS OJIVALES</b></p>   |   |
|  <p><i>Modelado de Bóvedas Ojivales del Cascarón Interno</i></p>   |   |



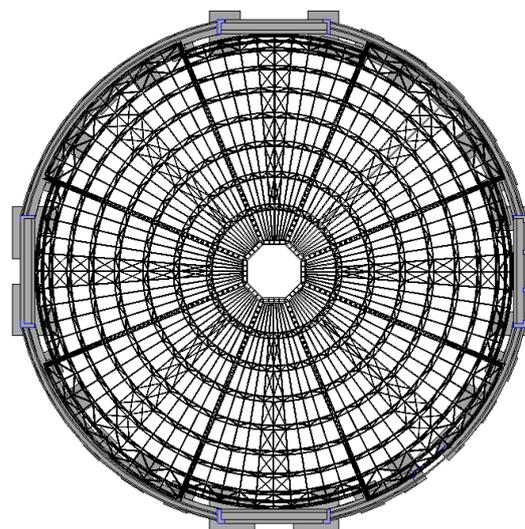
*Réplica de Bóvedas Ojivales del Cascarón Interno*

**MODELOS DE CASCARÓN  
INTERNO FINAL**

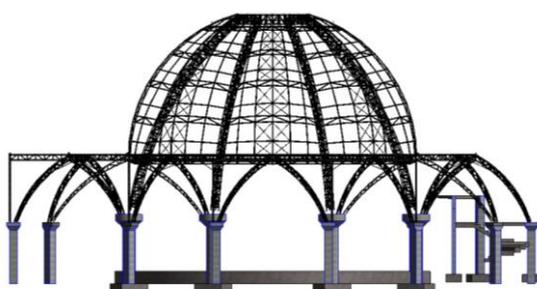
**MODELOS DE CASCARÓN  
EXTERNO FINAL**



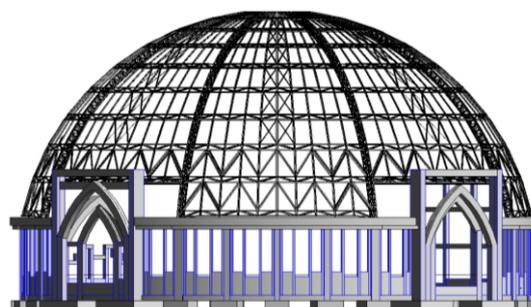
*Vista 3D en planta de modelo final  
cascarón interno*



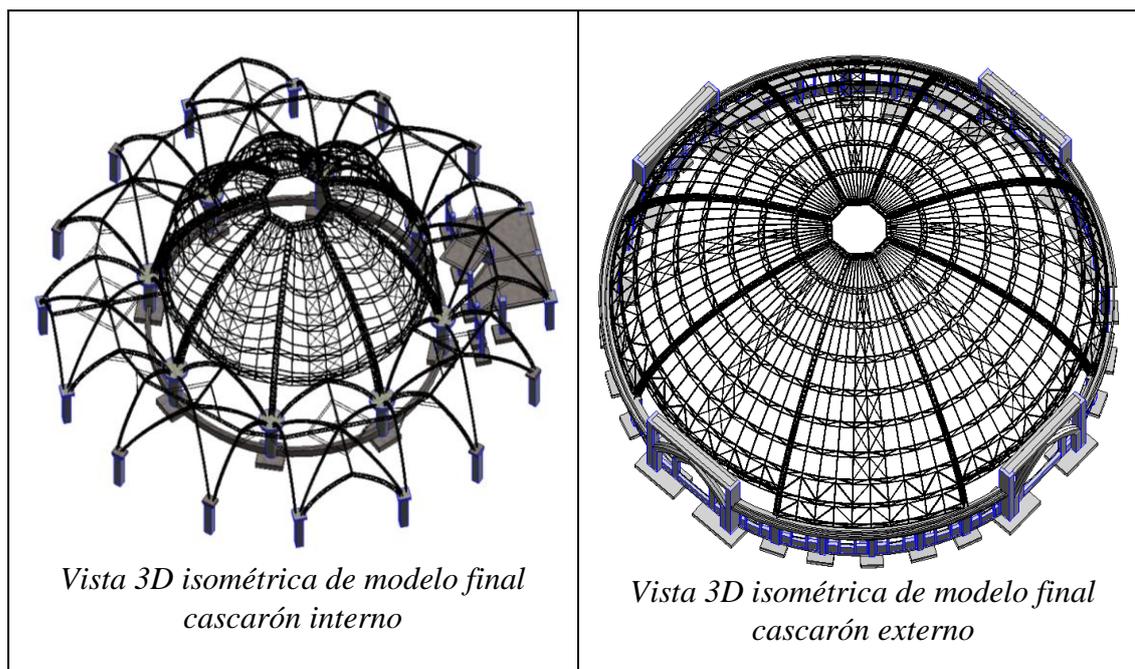
*Vista 3D en planta de modelo final  
cascarón externo*



*Vista 3D frontal de modelo final  
cascarón interno*



*Vista 3D frontal de modelo final  
cascarón externo*



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3.2.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO

#### 3.2.3.2.3.1. PLANOS ESTRUCTURALES

##### A) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES (DE REVIT A AUTOCAD)

La generación de planos desde el software Revit en formato Autocad es muy sencilla, para ello utilizaremos la opción “Export” como se ve a continuación:



Figura 105: Paso 1 para exportación de Revit a AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

Esta sección nos permite exportar además en varios formatos como se puede visualizar en la figura, una vez definido el formato a exportar procedemos a configurar las opciones de ubicación y los elementos que se desea exportar.

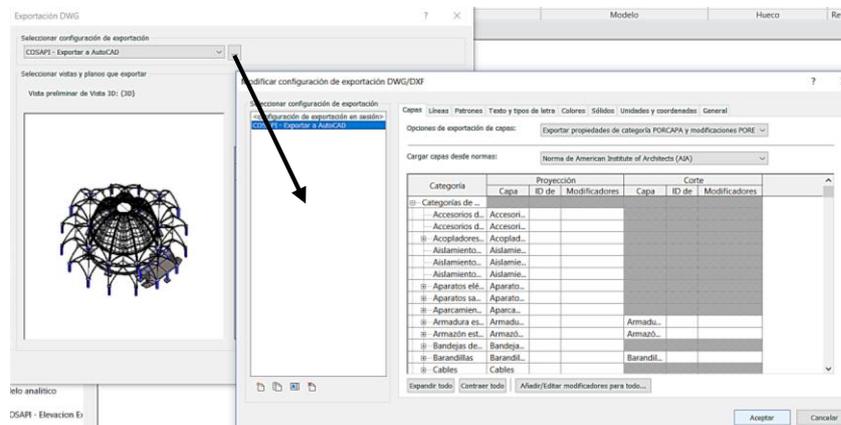


Figura 106: Paso 2 para exportación de Revit a AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

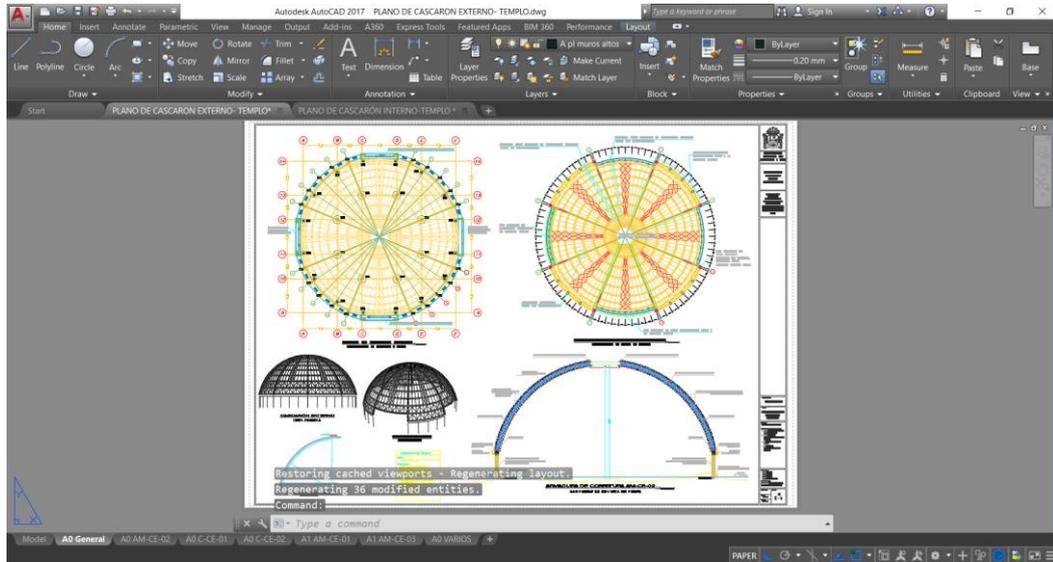
Haciendo click en el botón “...” se puede configurar varios parámetros de color de línea, espesor de plumas de acuerdo a normativas internacionales, tipos de letras, unidades, etc. Definidos estos parámetros exportamos y se obtiene un archivo dwg de Autocad.

Como muestra se tomó la especialidad de estructuras, se exportó planos estructuras del cascaron interno y externo del bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los cuales se pueden visualizar en los anexos

## B) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES CON EL MÉTODO CONVENCIONAL (AUTOCAD)

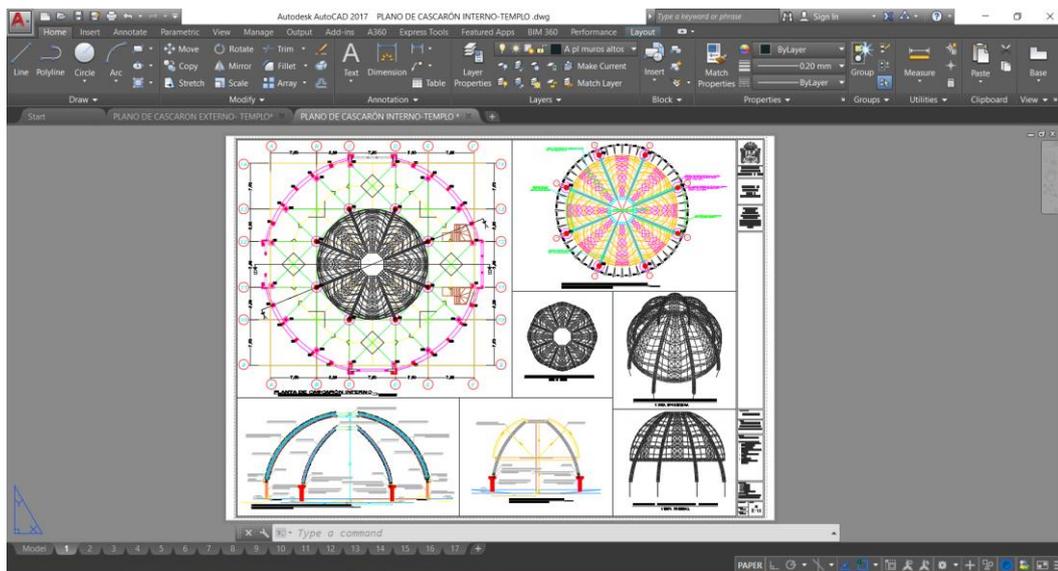
Se realizó los planos de todas las especialidades Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias e Instalaciones eléctricas del expediente técnico “Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo- Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” de la forma convencional en formato Autocad con fines del

cumplimiento del Convenio Marco Interinstitucional entre el Obispado y la Universidad Nacional del Altiplano pero para fines de la presente investigación se tomó la muestra mencionada en el anterior ítem para realizar una comparación cuantitativa de tiempo de elaboración de planos.



*Figura 107: Plano de Cascaron externo del bloque B1:Templo Niño Salvador del Mundo de proyecto en formato dwg AutoCad*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 108: Plano de Cascaron interno del bloque B1:Templo Niño Salvador del Mundo del proyecto en formato dwg AutoCad*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.3.2.3.2. METRADOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS

#### A) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE METRADOS EN REVIT (MUESTRA DE TEMPLO)

La fase de documentación de metrados corresponde a la medición de las cantidades de cada uno de los elementos del proyecto. Revit Structure nos permite la generación automática de metrados de los elementos modelados en su plataforma, para esto contamos con la herramienta de medición del Revit llamada “Tabla de planificación”, esta opción está presente en el Ribbon Vista, se debe seleccionar la lista desplegable para hacer clic en la opción “Tabla de planificación/Cantidades” donde tenemos la opción de elegir metrados en listas separadas, es decir para cada tipo de elementos en un diferente cuadro, como también tenemos la opción de generar un metrado global, para desarrollar la investigación realizaremos el metrado por partidas.

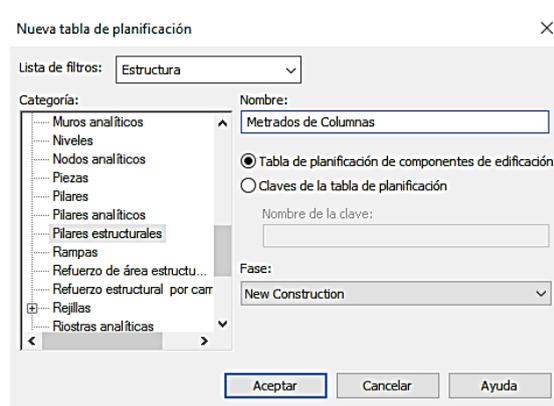
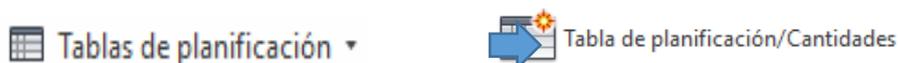


Figura 109: Tabla de planificación de Revit Structure

Fuente: Elaboración propia

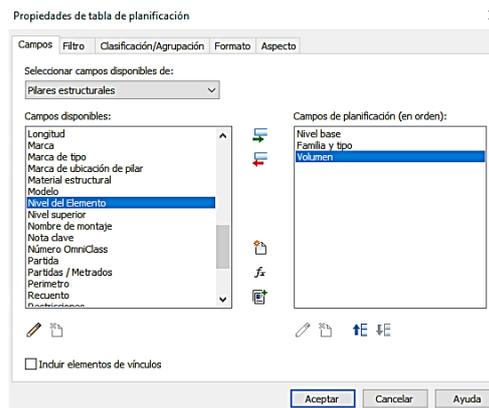


Figura 110: Pestaña “campos” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

En el recuadro correspondiente seleccionaremos en la lista de filtros la categoría de “Estructuras”, así se mostrará una lista de las partidas correspondientes a la categoría señalada, se podrá modificar el título de la tabla de metrados a generar en la sección “Nombre”, al finalizar estas configuraciones se obtendrá un nuevo recuadro de diálogo donde se podrá escoger los componentes de medición tales como “Familia y tipo” para visualizar la asignación que se hizo en el modelamiento de los elementos estructurales, “Nivel base” o “Nivel de referencia” para ubicar el nivel en el que elemento fue creado, “Volumen” indica el volumen del material en medición, entre otros.

En la pestaña “Formato” se colocará la opción de “Calcular totales” para que realice la suma automática de la partida seleccionada.

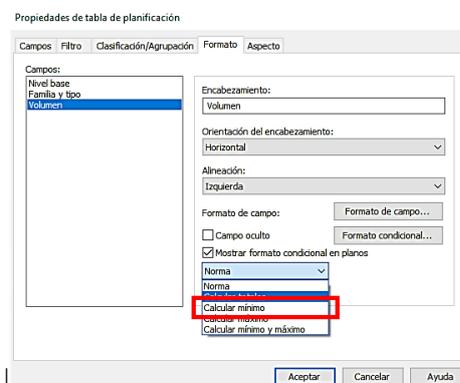


Figura 111: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla

Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Clasificación y agrupación” se podrá escoger la forma de clasificación que se desea, en este caso se pondrá “Nivel de referencia” y se seleccionará “Encabezamiento” y “Pie de página” y “Totales generales” para que organizar mejor la lista de metrados.

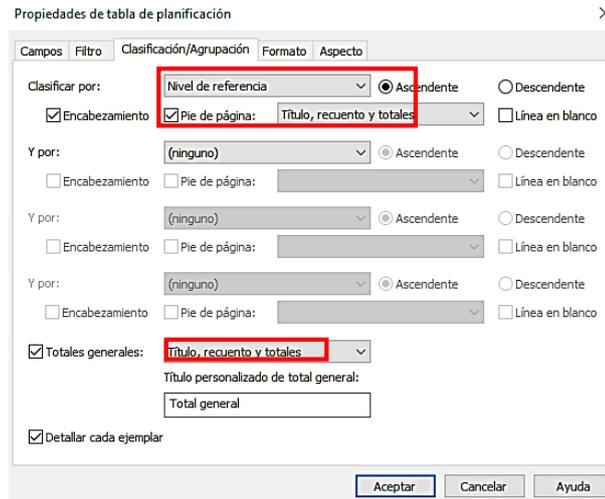


Figura 112: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Formato”, en la sección “Volumen” se seleccionará la opción “Calcular totales”

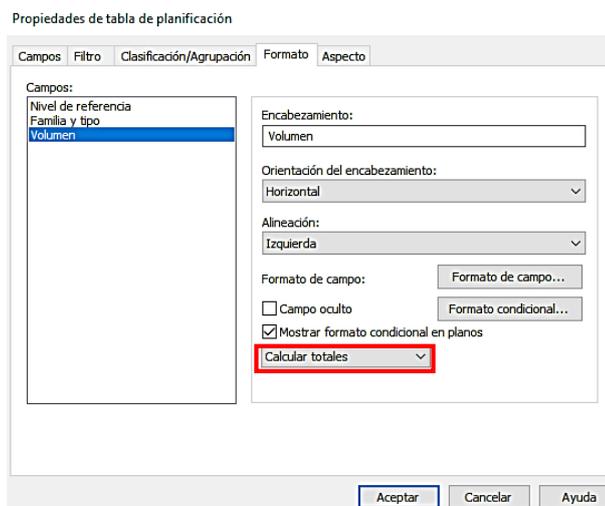


Figura 113: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

Si se desea obtener un resumen de metrados cada tipo de elemento, en la pestaña “Clasificación/Agrupación” se deseleccionará la opción “Detallar cada ejemplar” y se indicará que se clasifique por “Familia y tipo”

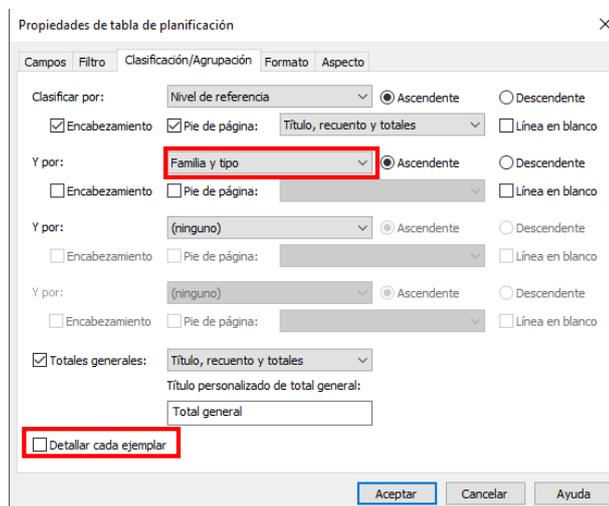


Figura 114: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se configurará para cada elemento estructural del que se desea obtener el metrado correspondiente, al colocar aceptar se mostrarán los resultados obtenidos por el programa; estas configuraciones pueden editarse en el transcurso del proyecto por lo que no será necesario realizar todos los pasos anteriores si algún dato no fue configurado. Cabe resaltar que la tabla de planificación generada es dinámica con respecto a los elementos encontrados en el proyecto, es decir que, si algún elemento es eliminado, sus dimensiones editadas, su posición cambiada o se incorpora nuevos elementos en el modelo del proyecto, las cantidades de metrados son automáticamente actualizadas, por lo que la información siempre estará en sincronía con el modelo del proyecto en cada instante.

| <00.Metrados de columnas>   |  |                      |
|---|--|----------------------|
| A   | B  | C                    |
| Nivel base  | Familia y tipo   | Volumen              |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60)     |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60)  | 14.40 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60): 8  |  | 14.40 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60)     |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60)  | 16.80 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60): 14 |  | 16.80 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65)     |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65)  | 2.55 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65): 2  |  | 2.55 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25) | 0.46 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25): 2 |  | 0.46 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30) | 1.65 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30): 2 |  | 1.65 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50) | 1.98 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50): 2 |  | 1.98 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50) | 2.23 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50): 2 |  | 2.23 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30) | 1.47 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30): 2 |  | 1.47 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30)    |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30) | 1.23 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30): 2 |  | 1.23 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA      |  |                      |
| Viga de Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA   | 16.56 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA: 96  |  | 16.56 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25)    |  |                      |
| Para portada 2  | COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25) | 0.14 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25): 4 |  | 0.14 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25)              |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25)           | 17.16 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25): 6           |  | 17.16 m <sup>3</sup> |
| COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30)              |  |                      |
| Cimentación   | COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30)           | 5.95 m <sup>3</sup>  |
| COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30): 2           |  | 5.95 m <sup>3</sup>  |
| Total general: 144  |  | 82.56 m <sup>3</sup> |

Figura 115: Muestra de metrados de columnas generados por Revit Structure

Fuente: Elaboración propia

## B) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE METRADOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL (MUESTRA DE TEMPLO)

En esta fase se realizó el metrado de las partidas que componen el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; antes de iniciar se efectuó un estudio integral de los planos y especificaciones técnicas del proyecto, relacionando entre sí los planos de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias y Eléctricas. Se utilizó en lo posible, la relación de partidas y sus unidades respectivas según lo normado en el Reglamento de Metrados para Obras de Edificación (D.S. NQ 013-79-VC del 26.04.79),

se realizó la cuantificación de las partidas utilizando criterios del proyectista y las herramientas que ofrece el programa AutoCAD para cálculo de áreas, para su posterior tipo en el programa Excel.

El resumen de metrados realizados se puede observar en los anexos.

### **3.2.3.2.3.3. PRESUPUESTO**

#### **A) PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON METRADOS GENERADOS POR REVIT (MUESTRA DE TEMPLO)**

El presupuesto, que está directamente relacionado a los metrados, es facilitado en una gran magnitud ya que las cantidades de metrados obtenidos en Revit son muy exactas, cabe resaltar que el software Revit no tiene disponible la aplicación para generar el presupuesto por ser una versión gratuita de prueba, por esta razón se obtuvo el presupuesto utilizando el software de costos y presupuesto S10 como alternativa, si bien es cierto S10 no es un software BIM pero el hecho de tener metrados exactos de Revit generará un presupuesto más real y exacto. La muestra que se tomó es el Bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los resultados se muestran en la Sección *IV Resultados y discusión*.

#### **B) PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON METRADOS GENERADOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL (MUESTRA DE TEMPLO)**

El método convencional de generación de presupuesto de proyecto consiste en utilizar los metrados obtenidos de manera manual y a criterio del proyectista, los cuales siempre tendrán un margen de error trayendo como efecto un presupuesto también con margen de error, este puede estar sobreestimado como también subestimado. En este

método convencional también se hizo uso del software S10 con la misma muestra que es el Bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los resultados se muestran en la Sección

#### 3.2.4. LAST PLANNER

El sistema de control Last Planner se utilizó como herramienta general en todas las etapas de proyecto: definición del proyecto y diseño sin perdidas. Siguiendo los lineamientos de esta herramienta se elaboró el “Plan maestro” y el “Plan semanal”

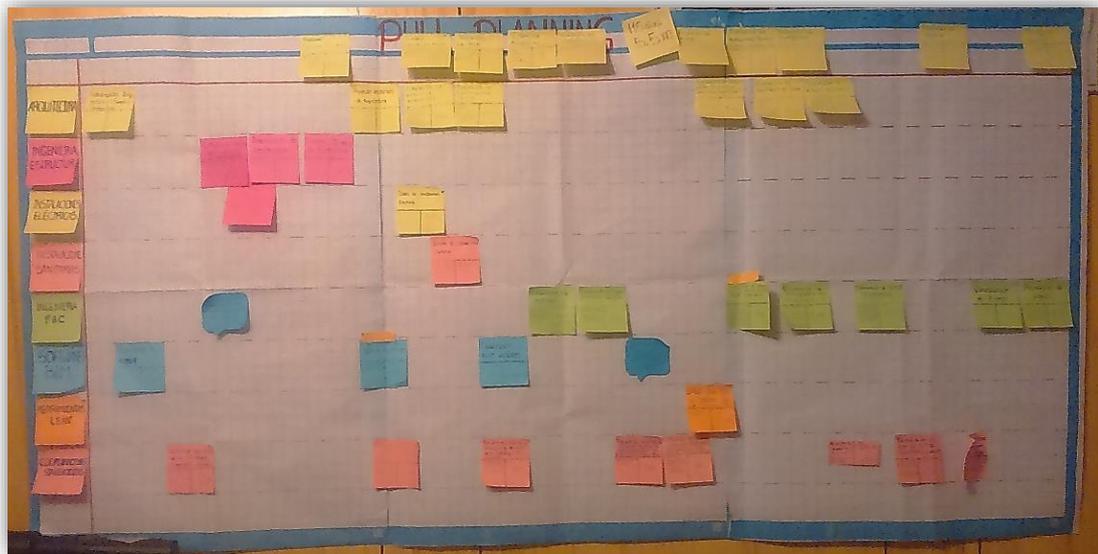
#### PLAN MAESTRO

El plan maestro presenta un flujo detallado de procesos o actividades necesarias para la elaboración del expediente técnico, desde su inicio hasta su término. El desarrollo de esta planificación se dio con la participación de todos los involucrados.



*Figura 116: Elaboración de plan maestro con todos los Stakeholders*

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 117: Plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra*

*Fuente: Elaboración propia*

## **PLAN SEMANAL**

Este plan contiene las actividades que se ejecutaron cada semana, se evaluó las actividades cumplidas mediante el porcentaje de actividades cumplidas (PAC) y de las no cumplidas se analizó las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades, con el fin de tomar medidas necesarias para la solución de cada una de ellas y así obtener un flujo de procesos continuo.

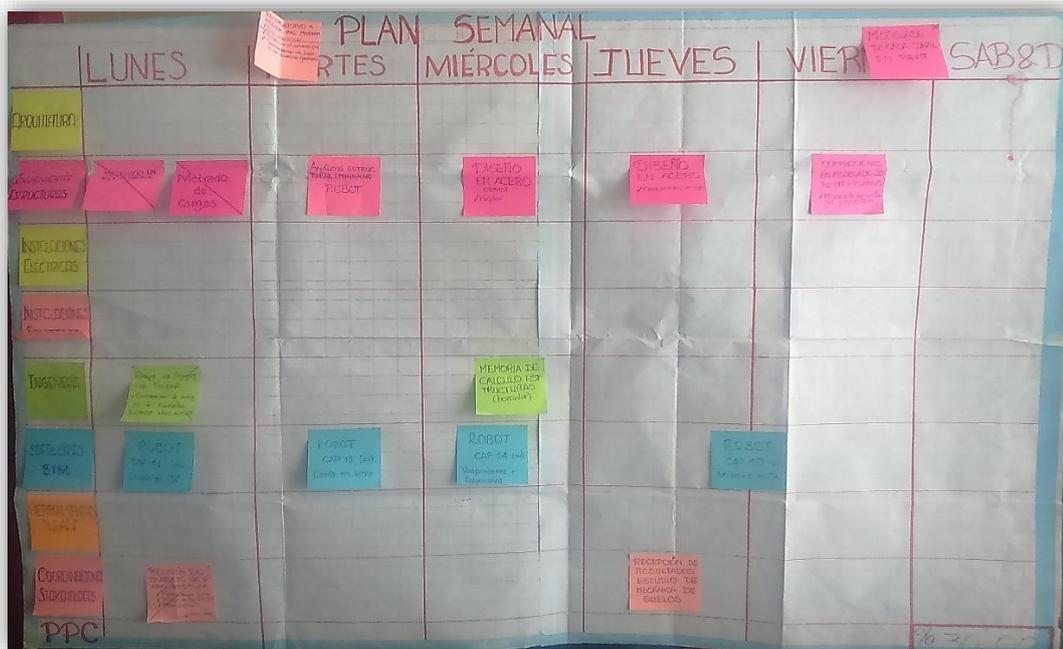


Figura 118: Muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra

Fuente: Elaboración propia

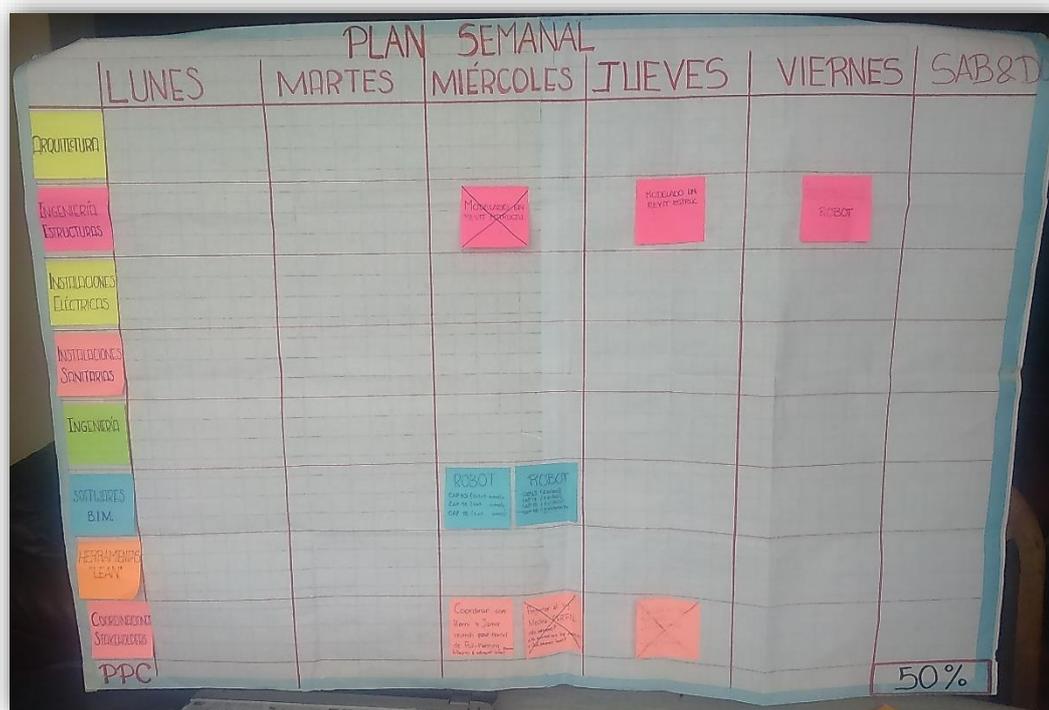


Figura 119: Porcentaje de actividades cumplidas de muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan cuatro esquemas resúmenes de la elaboración del expediente técnico “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; basados en los lineamientos Lean Design.

El primer esquema presenta la esquematización del flujo de procesos desarrollados para la obtención del Expediente Técnico, el cual consiste en las dos primeras fases extraídas del Lean Project Delivery System: definición del proyecto y diseño sin pérdidas. La primera fase se subdivide en tres módulos: necesidades y valores, criterios de diseño y conceptos de diseño, siendo la tercera compartida con la fase de diseño sin pérdidas que está compuesta a su vez por los módulos: diseño del proceso y diseño del producto.

Los procedimientos presentados dentro de los cinco (5) módulos son propuestos netamente para el expediente técnico de muestra, ya que cada proyecto es único y presentará un flujo de procesos diferente.

El segundo esquema muestra la participación de Stakeholders en cada fase de la elaboración del Expediente Técnico de muestra, mostrando un trabajo simultáneo y colaborativo.

El tercer esquema muestra el flujo de procesos utilizando el método tradicional para elaboración de expediente técnico de muestra.

Finalmente, el cuarto esquema muestra el flujo de procesos utilizando la filosofía Lean Design para elaboración de expediente técnico de muestra.

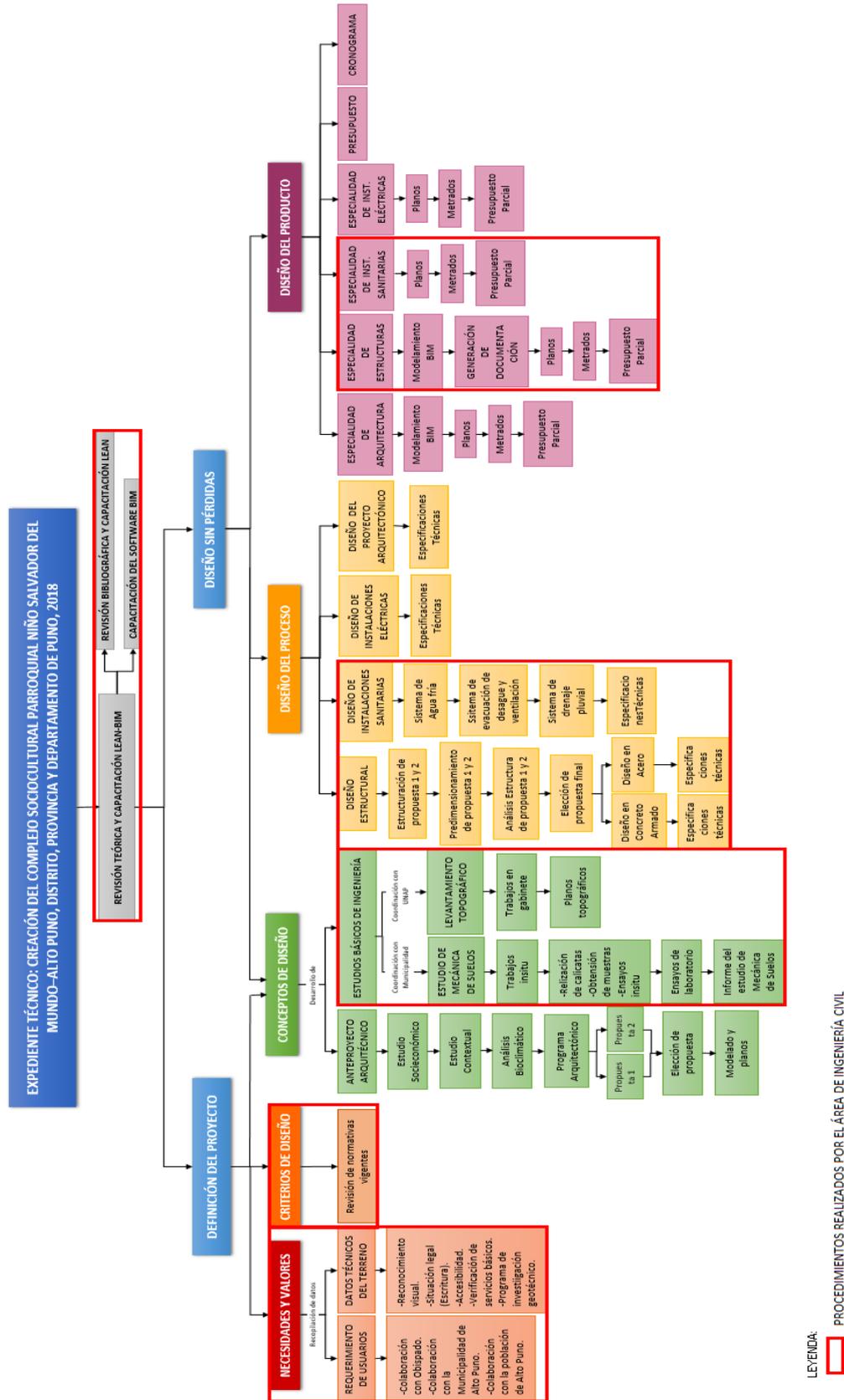


Figura 120: Flujo de procesos según Lean Design para obtención del Expediente Técnico de muestra  
Fuente: Elaboración propia

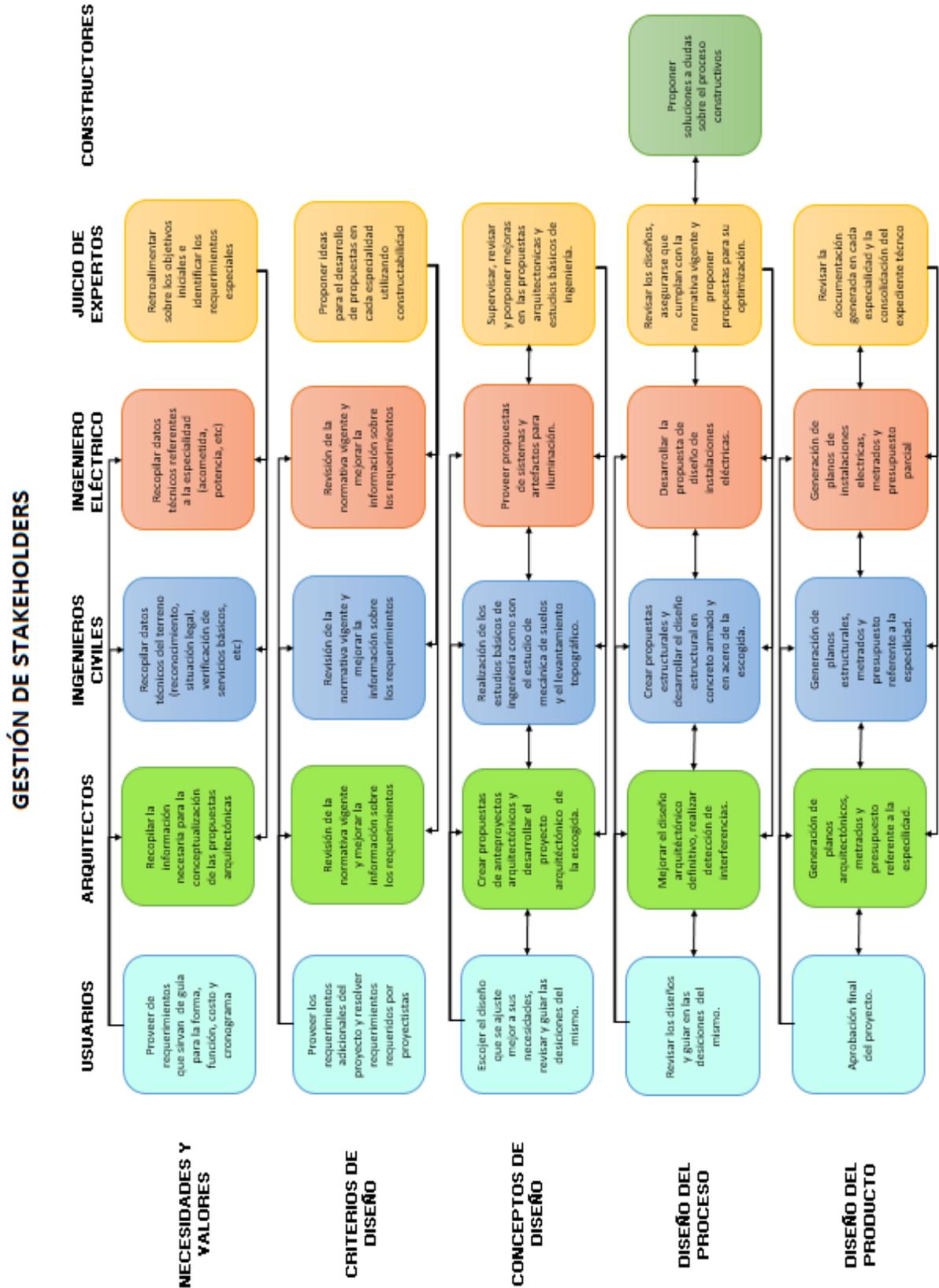


Figura 121: Participación de Stakeholders en las etapas de elaboración del Expediente Técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

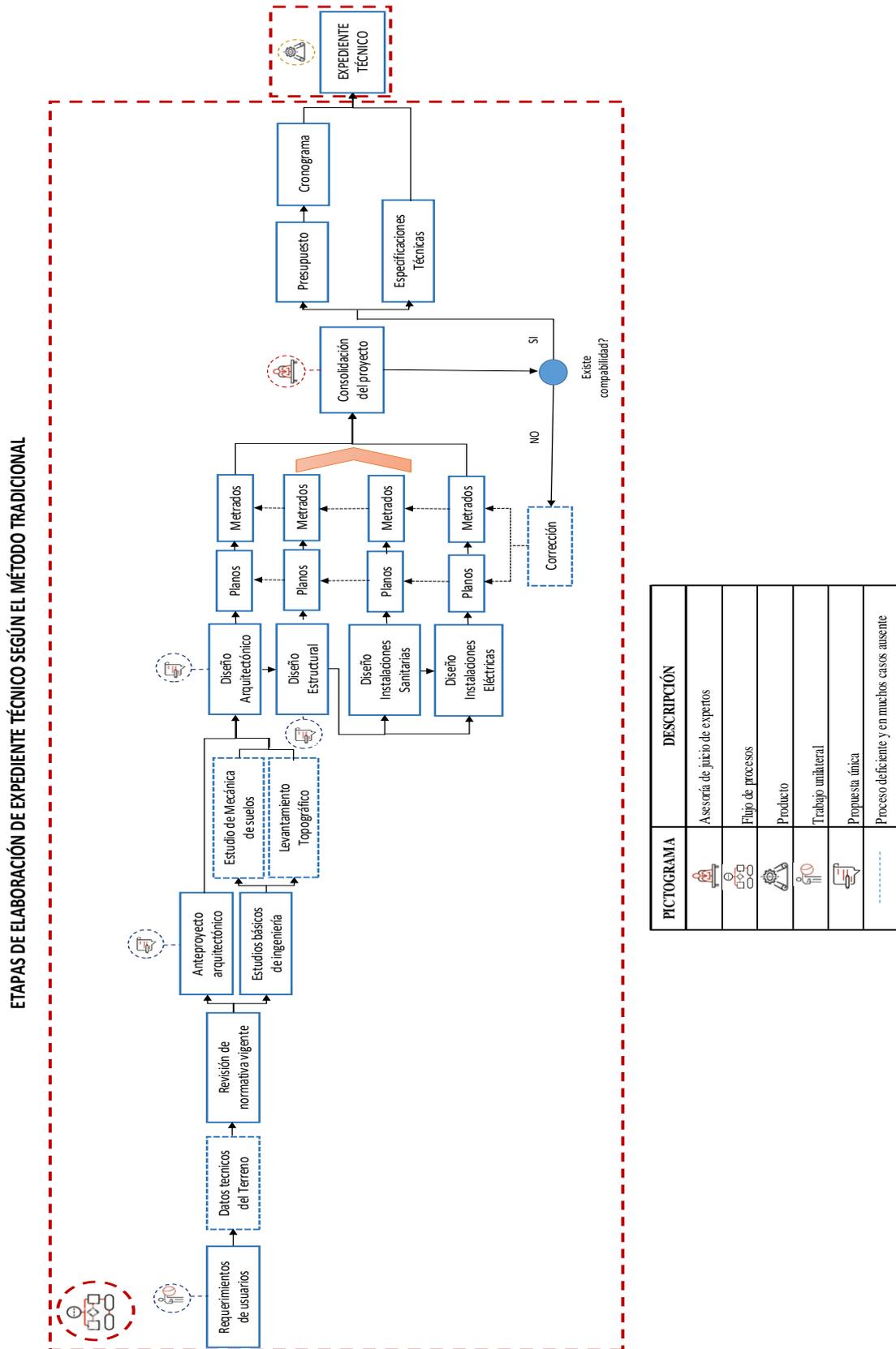


Figura 122: Flujo de procesos y pictogramas utilizados en el método tradicional de elaboración de expediente técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

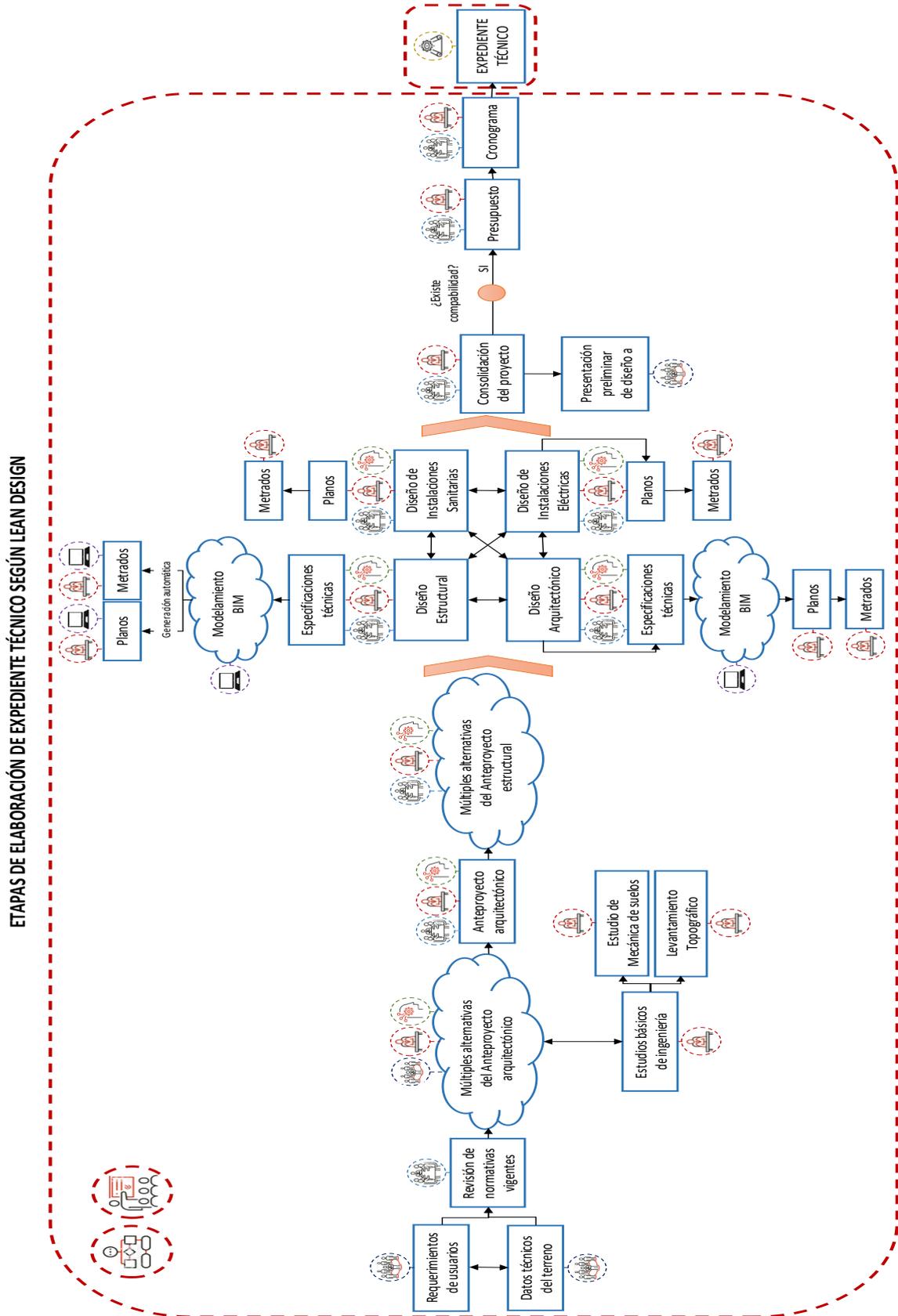


Figura 123: Flujo de procesos según Lean Design de la elaboración del expediente técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Pictogramas utilizados en el flujo de procesos según Lean Design

| PICTOGRAMA | DESCRIPCIÓN                                |
|------------|--|
|            | Reuniones colaborativas entre Stakeholders |
|            | Reuniones colaborativas entre proyectistas |
|            | Asesoría de juicio de expertos             |
|            | Constructabilidad                          |
|            | LAST PLANNER                               |
|            | Tecnología BIM                             |
|            | Flujo de procesos                          |
|            | Producto                                   |
|            | Trabajo unilateral                         |
|            | Propuesta única                            |

Fuente: Elaboración propia

## 4.1. DEFINICIÓN DE PROYECTO

### 4.1.1. MUESTRAS

#### 4.1.1.1. MÉTODO CONVENCIONAL

El registro de datos utilizado para evaluar los procesos de definición del proyecto que utilizan método convencional en proyectos similares fue tomado a partir del diagnóstico realizado por el Ingeniero Civil Juan Carlos Vásquez Ayala en el año 2006, que indica:

Con el propósito de obtener un diagnóstico claro respecto a la aplicación del Diseño “Lean” en los proyectos de edificación, se realizó en Lima 122 encuestas entre los diferentes involucrados en el diseño de proyectos de edificación. Las encuestas se dirigieron a:

- Coordinadores de Proyectos
- Ingenieros Residentes Especialistas (Arquitectos, Ing. Estructurales, Ing. Sanitarios, Ing. Eléctricos e Ing de Suelos) y

- Maestros de Obra

De las 122 encuestas realizadas, 12 fueron contestadas por Coordinadores de proyectos, 40 por Ing. Residentes, 19 por Especialistas, y 51 por Maestros de Obra. En algunos casos, los coordinadores y especialistas pertenecían a un mismo proyecto, lo mismo que los ingenieros residentes y maestros de obra. En total, las 122 encuestas provienen de 100 proyectos de edificación, que se obtuvieron visitando 74 obras y 26 oficinas de los distintos involucrados.

### **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Una de las primeras preguntas en las encuestas fue sobre el tipo de empresa a la que pertenecían los encuestados, resultando un 63% de empresas medianas seguida por un 22% de empresas pequeñas y un 15% de empresas grandes. Por otro lado, un 24% de los proyectos estudiados tenían un área construida entre 300 y 1,000 m<sup>2</sup>, un 31% entre 1,000 y 3,000 m<sup>2</sup>, otro 31% igual lo conformaban proyectos de 3,000 a 6,000 m<sup>2</sup>, y un 15% proyecto de más de 6,000 m<sup>2</sup>. Esto último nos indica que las encuestas se distribuyeron de manera uniforme según el tamaño del proyecto.

En cuanto al sistema constructivo utilizado se encontró que un 42% de los proyectos se construyeron con el sistema aporricado, un 30% con muros vaciados en sitio y 28% con albañilería confinada. Asimismo, un 43% fueron edificios de 3 a 6 pisos, un 40% de 7 a 10 pisos y 18% de 11 a más pisos. De estas primeras cifras podemos observar que la muestra se trata de proyectos con los tres sistemas constructivos más utilizados en el Perú por muchos años con diferentes magnitudes de obra y de distintos número de pisos, sin embargo como se observará más adelante esta condición no significa una ventaja para los constructores que con su vasta experiencia continúan resolviendo

diversos problemas en la obra ocasionados por ineficiencias en el diseño del proyecto y por ese divorcio existente entre el diseño y la construcción.

#### 4.1.1.2 MÉTODO LEAN DESIGN

La muestra utilizada fue el proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno”.

#### 4.1.2. PROCESOS DE EVALUACIÓN

##### 4.1.2.1. ORGANIZARSE EN EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS

###### A) METODOLOGÍA CONVENCIONAL

Al respecto se obtuvo que solo en un 8% de los proyectos las coordinaciones se realizan con todas las especialidades durante el diseño. Esta cifra nos debe llamar la atención pues hay que tener en cuenta, que una parte de este porcentaje son equipos multidisciplinarios y otros son simplemente grupos multidisciplinarios, pues existen diferencias muy claras entre estos dos términos, pues según la naturaleza del trabajo de diseño, ésta necesita de equipos y no de grupos.

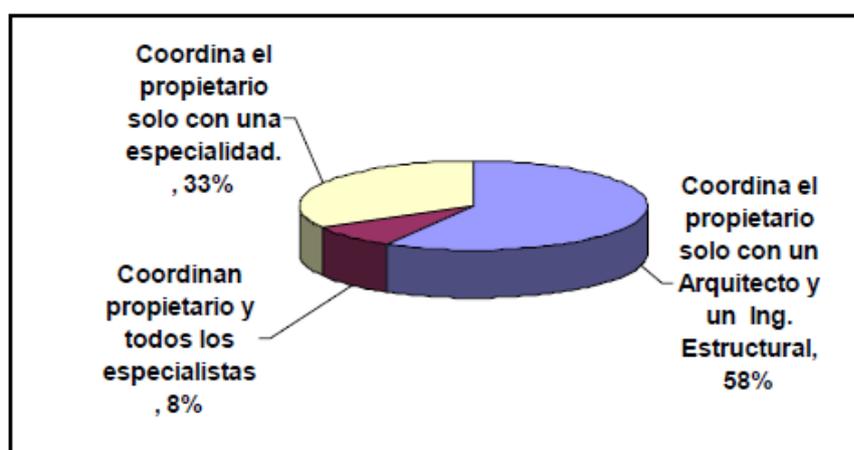
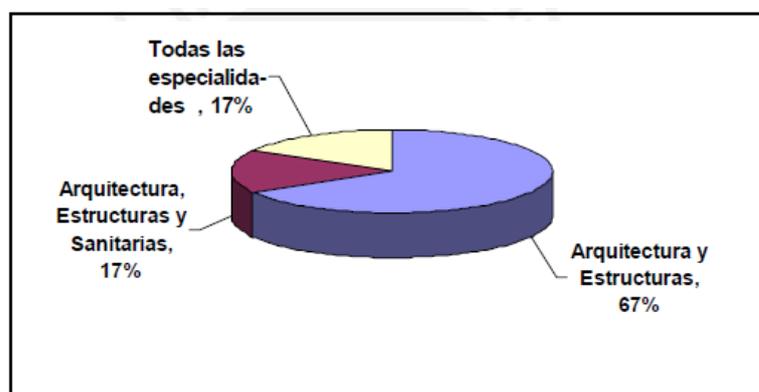


Figura 124: Coordinación entre involucrados de un proyecto de edificación

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

Se puede concluir que una de las causas fundamentales de las deficiencias en el diseño surge desde que, en un inicio se opta por trabajar el diseño sin mayor comunicación con todas las especialidades y formando grupos donde cada uno de los miembros responde por su trabajo de manera individual sin coordinar con el resto.

Lo antes mencionado se puede apreciar en el siguiente resultado, donde un 67% de los coordinadores de los proyectos encuestados coincidieron que arquitectura y estructuras son las especialidades prioritarias en el diseño, dejando de lado a las otras especialidades que también forman parte del proyecto.



*Figura 125: Especialidades más importantes*

*Fuente: Vásquez Ayala, 2006*

Respecto a la participación de los constructores en la etapa de diseño, a través de su opinión y experiencia, los resultados arrojaron que un 81% de los proyectos estudiados no presentan participación alguna de los constructores, lo que evidencia, un divorcio existente entre diseño y construcción.

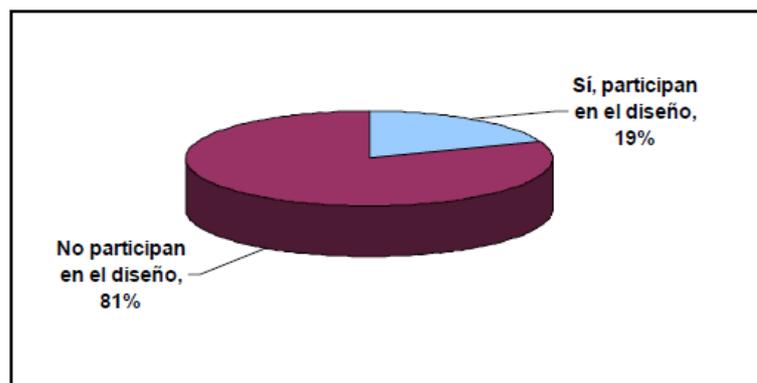


Figura 126: Participación de los constructores en la etapa de diseño

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

## B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN

El proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador Mundo-Alto Puno, Distrito, Provincia y departamento de Puno” fue desarrollado por un equipo multidisciplinario, el área de Ingeniería fue conformado por dos proyectistas de Ingeniería Civil y un asesor del área, encargados de realizar el diseño estructural del proyecto de muestra, la especialidad de arquitectura fue conformada por dos proyectistas de Arquitectura y un asesor del área, de la misma forma, la especialidad de instalaciones eléctricas fue desarrollada un proyectista de Ingeniería Eléctrica con un asesor del área, para la especialidad de Costos y Presupuestos se contó con un Ingeniero Civil especialista en el área con vasta experiencia en proyectos de similares características. Los resultados fueron los siguientes:

- El trabajo desarrollado entre todas las especialidades fue colaborativo y coordinado lo que generó un flujo de trabajo simultáneo, dinámico y transparente, se pudo obtener aprendizajes técnicos y comprensión recíproca entre todas las especialidades evitando incompatibilidades y la realización de retrabajos e incluso se afianzó la confianza para que cada proyectista pueda desenvolverse y recrear ideas entorno al proyecto. Si bien es cierto al inicio hubo resistencia a las coordinaciones continuas

por la falta de costumbre de participar en reuniones presenciales, ya que la mayoría de profesionales están acostumbrados a trabajar o enviar su parte correspondiente del proyecto vía correos electrónicos y de esta modalidad anulamos todo tipo de trabajo en equipo, no se juntan los aprendizajes, las ideas y experiencias que cada profesional podría aportar en la optimización del proyecto, esta deficiencia fue superada en base a las reuniones semanales y mensuales entre los involucrados del proyecto.

- Cada opinión de los integrantes del equipo fue válida, no habiendo jerarquización a la hora de tomar decisiones. Se consultaron con los especialistas de cada área que componen el trabajo para analizar las posibles decisiones, llegando a un entendimiento global del grupo de trabajo durante todas las etapas de la realización del expediente técnico.
- En base a la constructabilidad, se contó con la participación de los constructores en la fase de diseño para el área de Costos y Presupuestos, aportando sobre los materiales existentes en la Región, los procesos constructivos más adecuados y económicos que se puedan optar, entre otros. Logrando, con la experiencia del ingeniero en costos y presupuestos junto a la experiencia del constructor, un proyecto más realista y económico, y a su vez previendo los típicos problemas que suelen aparecer en la ejecución de obra.

#### **4.1.2.2. SEGUIR UNA ESTRATEGIA BASADA EN MÚLTIPLES ALTERNATIVAS**

##### **A) MÉTODOLÓGÍA CONVENCIONAL**

A este respecto, se les preguntó a los coordinadores de los proyectos si para la elección del sistema constructivo, es decir, sistema aporricado, albañilería confinada, muros vaciados u otro, se había estudiado más de una alternativa, resultando que un 67% optan por seguir con el sistema con que vienen trabajando en obras anteriores, guiándose

de la experiencia y la costumbre sin analizar si su opción representa la mejor opción para el proyecto.



Figura 127: Estudio de otras alternativas

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

A su vez se les preguntó a los Coordinadores de los proyectos qué es lo que distinguía a su proyecto, es decir en dónde se enfocaron para agregar valor a su producto, obteniéndose que un 50% de los proyectos pone especial atención al diseño arquitectónico. Por otro lado, como complemento a la pregunta se les planteaba, como una opción de innovación para agregar valor, la aplicación de la constructabilidad, a lo que un 25% de los encuestados reconoció usarla.

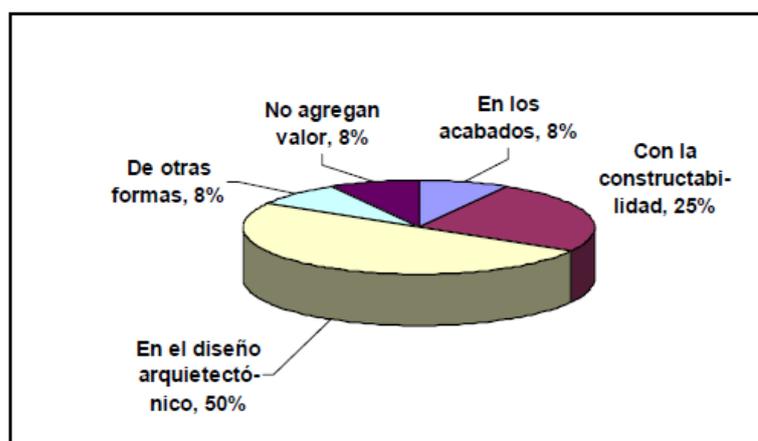


Figura 128: ¿Cómo agrega valor a su diseño?

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

## **B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN**

Siguiendo los lineamientos de Lean Design, en la fase de definición del proyecto y diseño del proceso se trabajó con múltiples alternativas de proyecto.

Al realizarse dos propuestas de anteproyecto arquitectónico en la definición del proyecto, las que fueron expuestas a la población beneficiaria (feligreses) y el Obispado; y sometidas a una elección, se satisfizo la mayoría de sus requerimientos para proceder a la siguiente etapa de diseño del proceso aminorando el tiempo en modificaciones del proyecto producidos por toma de decisiones precipitados e individuales.

A su vez, en el diseño del proceso, con las múltiples alternativas de sistemas estructurales del anteproyecto arquitectónico, para el diseño estructural, que desde ya se sabe que son evolutivos e iterativos, se pudo definir el sistema estructural más funcional, resistente y económico para el proyecto, gracias a la constructabilidad y experiencia de los consultores, logrando así ahorrar tiempos de iteración.

### **4.1.2.3. MINIMIZAR LAS ITERACIONES NEGATIVAS**

#### **A) MÉTODOLÓGÍA CONVENCIONAL**

Al respecto, en el caso de los especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales, sanitarios, etc.) se encontró que un 89% de los mismos realizan sus coordinaciones con menos de 5 personas durante el diseño del proyecto, es decir es un grupo pequeño que debería coordinar los detalles con facilidad y eficiencia, sin embargo, esto no sucede así, existe entonces una ausencia de formas claras de comunicación durante el diseño de los planos.

Como consecuencia de estas iteraciones negativas surgen los errores en los planos, lo que demanda hacer modificaciones y por ende se requiere de más tiempo para entregar

los planos definitivos. Pero cuál es la especialidad que paga el precio de éstas iteraciones negativas. Según el 54% de los coordinadores y especialistas encuestados es la arquitectura donde se producen las mayores modificaciones por errores de este tipo, seguido por un 38% que manifiestan que es en las estructuras y un 8% que son en las instalaciones sanitarias y eléctricas.

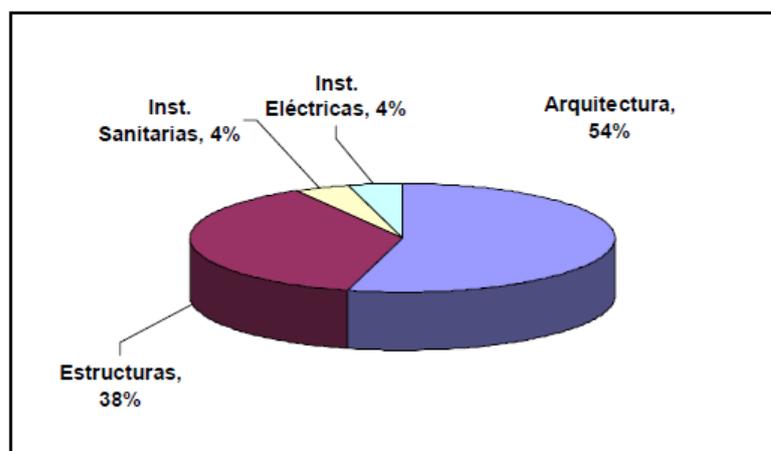


Figura 129: ¿En qué especialidad se producen las mayores modificaciones?

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

## B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN

La minimización de iteraciones negativas es un efecto de los dos procesos de arriba mencionados: trabajo de un equipo multidisciplinario y estrategia de múltiples alternativas. Al tener menos iteraciones negativas se pudo utilizar el tiempo en agregar valor y optimizar el producto que en este caso es el expediente técnico.

### 4.2. DISEÑO DEL PRODUCTO

#### 4.2.1 ELABORACIÓN DE PLANOS

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los resultados obtenidos en la elaboración de planos de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo en el software AUTOCAD y la elaboración en el software BIM REVIT:

*Tabla 30: Cuadro comparativo cualitativo de la elaboración de planos en el software Autocad y en el software BIM Revit*

| <b>PARÁMETROS</b>               | <b>AUTOCAD</b>   | <b>SOFTWARE BIM REVIT</b>   |
|---------------------------------|--|---|
| Credibilidad                    | Se presentan algunas diferencia entre planos, incompatibilidad entre ellos   | Al generar correctamente el modelo virtual, toda la documentación es fiable   |
| Coherencia                      | Los cambios u modificaciones de alguna parte del proyecto suponen gran trabajo y esfuerzo de rehacer partes modificadas.   | Al trabajar en un entorno paramétrico, cualquier cambio en el modelo no supone modificar los planos.  |
| Documentación                   | Para obtener la documentación desde planos en Cad, el proceso es laborioso   | Nos facilita la obtención de la documentación, gracias a ciertas herramientas, aumentando así la productividad.   |
| Ahorro de Tiempo                | Se tiene que realizar los planos mediante las herramientas de dibujos, líneas, círculos, entre otras, lo que demandó una mayor cantidad de tiempo                          | No se requiere dibujar cantidades infinitas de líneas, polilíneas, formas geométricas, solo se tiene que insertar las familias del software Revit   |
| Versatilidad                    | Se tuvo cierta dificultad en el dibujo de las formas complejas que presentó el templo Niño Salvador del mundo  | Resulta simple generar modelos de toda magnitud incluso siendo complejos, como fue el caso del templo Niño Salvador del Mundo que estaba compuesto por formas y bóvedas ojivales.                   |
| Integración con otros softwares | El nivel de integración con otros softwares es limitada, ya que te permite exportar la documentación generada mas no importar documentación proveniente de otros softwares | El diseño del producto se pudo realizar mediante vinculaciones con otros softwares como fue Sketchup, SAP 2000 y el mismo AutoCAD   |
| Mejora de flujo de trabajo      | En un proyecto complejo como fue el caso , las vistas 2D en muchas oportunidades no colaboraron a la comprensión del proyecto  | Al tener un modelado 3Dpermite una mejor comprensión del desarrollo del mismo tanto para los proyectistas de las diversas especialidades como para la presentación de avances al cliente o usuario. |

*Fuente: Elaboración propia*

Se realizó una evaluación del tiempo demandado en la elaboración de los planos de la muestra de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo en

el software AUTOCAD en comparación con el tiempo demandado con el software BIM

REVIT:

Tabla 31: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit

|                          | TIEMPO DE ELABORACIÓN DE PLANOS (días) |
|--------------------------|--|
| <b>AutoCAD</b>           | 7                                      |
| <b>SoftwareBIM Revit</b> | 4                                      |
| Optimización %           | 57.40%                                 |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 ELABORACIÓN DE METRADOS

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los metrados de las principales partidas de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo obtenidos de la forma tradicional vs los metrados generados con el software BIM REVIT:

Tabla 32: Tabla comparativa de metrados elaborados por el método tradicional Vs generados por el software Revit

| DESCRIPCIÓN   | UND | METRADO CON MÉTODO CONVENCIONAL | METRADO CON REVIT (BIM) | % VARIACIÓN |
|---|-----|---------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>                     |     |                                 |                         |             |
| <b>SOLADOS</b>                                      |     |                                 |                         |             |
| SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" FC=100 KG/CM2     | M2  | 149.56                          | 149.50                  | -0.04%      |
| <b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>                     |     |                                 |                         |             |
| <b>ZAPATAS AISLADAS</b>                             |     |                                 |                         |             |
| ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2            | M3  | 88.49                           | 88.53                   | 0.05%       |
| ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO          | M2  | 176.76                          | 176.26                  | -0.28%      |
| ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2     | KG  | 2525.51                         | 2525.13                 | -0.02%      |
| <b>VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>                         |     |                                 |                         |             |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO FC=210 KG/CM2        | M3  | 22.61                           | 22.65                   | 0.18%       |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO      | M2  | 176.76                          | 176.26                  | -0.28%      |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2 | KG  | 2525.51                         | 2525.13                 | -0.02%      |
| <b>COLUMNAS</b>                                     |     |                                 |                         |             |
| COLUMNAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2                    | M3  | 82.63                           | 84.23                   | 1.90%       |
| COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                  | M2  | 587.08                          | 586.11                  | -0.16%      |
| COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2             | KG  | 15384.82                        | 15383.67                | -0.01%      |
| <b>PLACAS</b>                                       |     |                                 |                         |             |
| PLACAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2                      | M3  | 21.84                           | 21.92                   | 0.36%       |
| PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                    | M2  | 207.60                          | 207.45                  | -0.07%      |
| PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2               | KG  | 2552.14                         | 2551.81                 | -0.01%      |
| <b>VIGAS</b>  |     |                                 |                         |             |
| VIGAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2                      | M3  | 33.48                           | 35.56                   | 5.85%       |
| VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                     | M2  | 265.50                          | 265.29                  | -0.08%      |
| VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                | KG  | 3868.84                         | 3868.67                 | 0.00%       |
| <b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>                        |     |                                 |                         |             |
| <b>ARMADURAS METÁLICAS</b>                          |     |                                 |                         |             |
| <b>ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)</b>     |     |                                 |                         |             |
| ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"        | ML  | 54.56                           | 55.02                   | 0.83%       |
| ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"       | ML  | 114.16                          | 118.82                  | 3.92%       |
| <b>ARMADURA AM-CE-02</b>                            |     |                                 |                         |             |
| ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"        | ML  | 1712.64                         | 1701.25                 | -0.67%      |
| ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"       | ML  | 565.92                          | 545.50                  | -3.74%      |

|   |    |         |         |        |
|---|----|---------|---------|--------|
| <b>ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)</b>                                    |    |         |         |        |
| ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                                      | ML | 385.48  | 376.68  | -2.34% |
| <b>ARMADURA AM-CI-01</b>  |    |         |         |        |
| ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"                                   | ML | 465.12  | 449.84  | -3.40% |
| ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/8"                                   | ML | 1578.34 | 1577.25 | -0.07% |
| <b>ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)</b>                                   |    |         |         |        |
| ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 1/4"                                   | ML | 54.56   | 56.72   | 3.81%  |
| ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 3/16"                                  | ML | 135.84  | 136.69  | 0.62%  |
| <b>ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)</b>                                      |    |         |         |        |
| ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2" x 2" x 1/4"   | ML | 317.10  | 316.67  | -0.13% |
| ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"                                   | ML | 55.52   | 55.37   | -0.28% |
| <b>CERCHAS DE CERRAMIENTO</b>   |    |         |         |        |
| <b>CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01</b>  |    |         |         |        |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                          | ML | 1172.84 | 1172.14 | -0.06% |
| CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                                     | ML | 667.44  | 697.77  | 4.35%  |
| ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                                      | ML | 60.32   | 60.10   | -0.37% |
| ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                                      | ML | 135.68  | 135.32  | -0.27% |
| <b>CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02</b>  |    |         |         |        |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                          | ML | 1450.92 | 1450.37 | -0.04% |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x21/2"x3/8"                         | ML | 59.04   | 58.75   | -0.49% |
| <b>CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01</b>  |    |         |         |        |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"                                | ML | 3352.12 | 3351.67 | -0.01% |
| <b>CERCHAS METÁLICAS</b>  |    |         |         |        |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                                 | ML | 156.50  | 156.48  | -0.01% |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                           | ML | 161.28  | 169.60  | 4.91%  |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'</b>  |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A': PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                                | ML | 65.07   | 69.27   | 6.06%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A': PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                          | ML | 69.33   | 65.07   | -6.55% |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                                 | ML | 165.01  | 165.28  | 0.16%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                           | ML | 173.08  | 173.20  | 0.07%  |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'</b>  |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B': PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                                | ML | 165.01  | 165.28  | 0.16%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B': PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                          | ML | 173.08  | 173.20  | 0.07%  |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-02</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-02: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                                   | ML | 394.10  | 410.88  | 4.08%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-02: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                             | ML | 307.03  | 304.32  | -0.89% |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-03</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                               | ML | 165.00  | 164.89  | -0.07% |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-03: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                              | ML | 160.38  | 160.16  | -0.14% |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-04</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-04: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                               | ML | 45.92   | 45.92   | 0.00%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-04: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                              | ML | 45.76   | 45.92   | 0.35%  |
| <b>CERCHA METÁLICA CM-CI-05</b>   |    |         |         |        |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-05: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                               | ML | 37.50   | 37.50   | 0.00%  |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-05: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                              | ML | 35.45   | 34.78   | -1.93% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METÁLICA</b>                                   |    |         |         |        |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8X11/2"</b>               | ML | 67.68   | 67.24   | -0.65% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8X11/2"</b>               | ML | 78.29   | 78.12   | -0.22% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO</b>                              |    |         |         |        |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01: PLATINAS 1/8"x11/2"</b> | ML | 214.08  | 213.89  | -0.09% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02: PLATINAS 1/8"x11/2"</b> | ML | 214.08  | 213.44  | -0.30% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01: PLATINAS 1/8"x11/2"</b> | ML | 110.40  | 110.15  | -0.23% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS</b>                                   |    |         |         |        |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03: PLATINAS 1/8"x11/2"</b>     | ML | 484.80  | 484.34  | -0.09% |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04: PLATINAS 1/8"x11/2"</b>     | ML | 332.80  | 332.11  | -0.21% |

Fuente: Elaboración propia

También se realizó una evaluación del tiempo demandado en la elaboración de metrados de las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo con el método tradicional en comparación con el tiempo invertido en la generación de metrados con el software BIM REVIT:

Tabla 33: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit

|                    | TIEMPO DE ELABORACIÓN DE PLANOS (días) |
|--------------------|--|
| Método tradicional | 3                                      |
| Software BIM Revit | 1                                      |
| Optimización %     | 33.33%                                 |

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

Tabla 34: Tabla comparativa de presupuesto parcial elaborados por el método tradicional Vs elaborado en base a metrados generados por el software Revit

| DESCRIPCIÓN  | UND | PRESUPUESTO PARCIAL S/. CON MÉTODO CONVENCIONAL |        |             | PRESUPUESTO PARCIAL S/. CON METRADOS DE REVIT (BIM) |        |             | % VARIACIÓN |
|--|-----|---|--------|-------------|---|--------|-------------|-------------|
|  |     | METRADO CON MÉTODO CONVENCIONAL                 | PRECIO | PARCIAL S/. | METRADO CON REVIT (BIM)                             | PRECIO | PARCIAL S/. |             |
| <b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| <b>SOLADOS</b>   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" FC=100 KG/CM2                            | M2  | 149.56  | 34.29  | 5128.41     | 149.50  | 34.29  | 5126.36     | -0.04%      |
| <b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| <b>ZAPATAS AISLADAS</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2                                   | M3  | 88.49   | 373.46 | 33047.48    | 88.53   | 373.46 | 33062.41    | 0.05%       |
| ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                 | M2  | 176.76  | 60.41  | 10678.07    | 176.26  | 60.41  | 10647.87    | -0.28%      |
| ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                            | KG  | 2525.51   | 3.82   | 9647.45     | 2525.13   | 3.82   | 9646.00     | -0.02%      |
| <b>VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO FC=210 KG/CM2                               | M3  | 22.61   | 354.18 | 8008.01     | 22.65   | 354.18 | 8022.18     | 0.18%       |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                             | M2  | 176.76  | 58.86  | 10404.09    | 176.26  | 58.86  | 10374.66    | -0.28%      |
| VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                        | KG  | 2525.51   | 3.82   | 9647.45     | 2525.13   | 3.82   | 9646.00     | -0.02%      |
| <b>COLUMNAS</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| COLUMNAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2   | M3  | 82.63   | 366.76 | 30306.08    | 84.23   | 366.76 | 30892.19    | 1.90%       |
| COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO   | M2  | 587.08  | 30.60  | 17964.54    | 586.11  | 30.60  | 17934.97    | -0.16%      |
| COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                                    | KG  | 15384.82  | 3.82   | 58770.01    | 15383.67  | 3.82   | 58765.62    | -0.01%      |
| <b>PLACAS</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| PLACAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2   | M3  | 21.84   | 366.76 | 8010.50     | 21.92   | 366.76 | 8039.38     | 0.36%       |
| PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO   | M2  | 207.60  | 63.66  | 13215.82    | 207.45  | 63.66  | 13206.27    | -0.07%      |
| PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                                      | KG  | 2552.14   | 3.82   | 9749.17     | 2551.81   | 3.82   | 9747.91     | -0.01%      |
| <b>VIGAS</b>   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| VIGAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2   | M3  | 33.48   | 358.38 | 11997.90    | 35.56   | 358.38 | 12743.99    | 5.85%       |
| VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO  | M2  | 265.50  | 21.05  | 5588.69     | 265.29  | 21.05  | 5584.35     | -0.08%      |
| VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2                                       | KG  | 3868.84   | 3.82   | 14778.96    | 3868.67   | 3.82   | 14778.32    | 0.00%       |
| <b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| <b>ARMADURAS METÁLICAS</b>   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)                                   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                 | ML  | 54.56   | 57.78  | 3152.48     | 55.02   | 57.78  | 3178.97     | 0.83%       |
| ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x12"x3/16"                                | ML  | 114.16  | 19.05  | 2174.75     | 118.82  | 19.05  | 2263.47     | 3.92%       |
| ARMADURA AM-CE-02  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                 | ML  | 1712.64   | 57.78  | 98956.34    | 1701.25   | 57.78  | 98298.11    | -0.67%      |
| ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x12"x3/16"                                | ML  | 565.92  | 19.05  | 10780.78    | 545.50  | 19.05  | 10391.70    | -3.74%      |
| ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)                                    |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                 | ML  | 385.48  | 57.78  | 22273.03    | 376.68  | 57.78  | 21764.57    | -2.34%      |
| ARMADURA AM-CI-01  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/4"                              | ML  | 465.12  | 22.20  | 10325.66    | 449.84  | 22.20  | 9986.45     | -3.40%      |
| ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/8"                              | ML  | 1578.34   | 16.18  | 25537.61    | 1577.25   | 16.18  | 25519.91    | -0.07%      |
| ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)                                   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2"x 21/2"x 1/4"                              | ML  | 54.56   | 43.66  | 2382.09     | 56.72   | 43.66  | 2476.40     | 3.81%       |
| ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2"x 21/2"x 3/16"                             | ML  | 135.84  | 42.53  | 5777.28     | 136.69  | 42.53  | 5813.43     | 0.62%       |
| ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)                                      |     |   |        |             |   |        |             |             |
| ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2"x 2"x 1/4"                                    | ML  | 317.10  | 48.30  | 15315.74    | 316.67  | 48.30  | 15295.16    | -0.13%      |
| ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/4"                              | ML  | 55.52   | 22.20  | 1232.63     | 55.37   | 22.20  | 1229.21     | -0.28%      |
| <b>CERCHAS DE CERRAMIENTO</b>  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                     | ML  | 1172.84   | 57.78  | 67766.70    | 1172.14   | 57.78  | 67726.25    | -0.06%      |
| CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                | ML  | 667.44  | 57.78  | 38564.68    | 697.77  | 57.78  | 40317.15    | 4.35%       |
| ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                 | ML  | 60.32   | 57.78  | 3485.29     | 60.10   | 57.78  | 3472.58     | -0.37%      |
| ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                                 | ML  | 135.68  | 57.78  | 7839.59     | 135.32  | 57.78  | 7818.79     | -0.27%      |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"                     | ML  | 1450.92   | 57.78  | 83834.16    | 1450.37   | 57.78  | 83802.38    | -0.04%      |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x12"x3/8"                    | ML  | 59.04   | 68.72  | 4057.23     | 58.75   | 68.72  | 4037.30     | -0.49%      |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"                         | ML  | 3352.12   | 55.42  | 185774.22   | 3351.67   | 55.42  | 185749.55   | -0.01%      |
| <b>CERCHAS METÁLICAS</b>   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                           | ML  | 156.50  | 63.22  | 9893.68     | 156.48  | 63.22  | 9892.67     | -0.01%      |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                     | ML  | 161.28  | 49.48  | 7980.13     | 169.60  | 49.48  | 8391.81     | 4.91%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                          | ML  | 65.07   | 63.22  | 4113.73     | 69.27   | 63.22  | 4379.25     | 6.06%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                    | ML  | 69.33   | 49.48  | 3430.45     | 65.07   | 49.48  | 3219.66     | -6.55%      |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                           | ML  | 165.01  | 63.22  | 10431.81    | 165.28  | 63.22  | 10449.00    | 0.16%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                     | ML  | 173.08  | 43.03  | 7447.63     | 173.20  | 43.03  | 7452.80     | 0.07%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'  |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                          | ML  | 165.01  | 63.22  | 10431.81    | 165.28  | 63.22  | 10449.00    | 0.16%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                    | ML  | 173.08  | 43.03  | 7447.63     | 173.20  | 43.03  | 7452.80     | 0.07%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-02   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 2"x2"x3/16"                             | ML  | 394.10  | 63.22  | 24914.75    | 410.88  | 63.22  | 25975.83    | 4.08%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"                       | ML  | 307.03  | 43.03  | 13211.59    | 304.32  | 43.03  | 13094.89    | -0.89%      |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-03   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                         | ML  | 165.00  | 43.66  | 7203.90     | 164.89  | 43.66  | 7199.10     | -0.07%      |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                        | ML  | 160.38  | 19.05  | 3055.24     | 160.16  | 19.05  | 3051.05     | -0.14%      |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-04   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                         | ML  | 45.92   | 43.66  | 2004.87     | 45.92   | 43.66  | 2004.87     | 0.00%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                        | ML  | 45.76   | 19.05  | 871.73      | 45.92   | 19.05  | 874.78      | 0.35%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-05   |     |   |        |             |   |        |             |             |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"                         | ML  | 37.50   | 43.66  | 1637.25     | 37.50   | 43.66  | 1637.25     | 0.00%       |
| CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                        | ML  | 35.45   | 19.05  | 675.32      | 34.78   | 19.05  | 662.56      | -1.93%      |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METÁLICA</b>                            |     |   |        |             |   |        |             |             |
| TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8"x11/2"              | ML  | 67.68   | 9.45   | 639.58      | 67.24   | 9.45   | 635.42      | -0.65%      |
| TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8"x11/2"              | ML  | 78.29   | 7.52   | 588.76      | 78.12   | 7.52   | 587.46      | -0.22%      |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO</b>                       |     |   |        |             |   |        |             |             |
| TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01: PLATINAS 1/8"x11/2" | ML  | 214.08  | 7.52   | 1609.88     | 213.89  | 7.52   | 1608.45     | -0.09%      |
| TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02: PLATINAS 1/8"x11/2" | ML  | 214.08  | 7.52   | 1609.88     | 213.44  | 7.52   | 1605.07     | -0.30%      |
| TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01: PLATINAS 1/8"x11/2" | ML  | 110.40  | 7.52   | 830.21      | 110.15  | 7.52   | 828.33      | -0.23%      |
| <b>TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS</b>                            |     |   |        |             |   |        |             |             |
| TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03:PLATINAS 1/8"x11/2"      | ML  | 484.80  | 7.58   | 3674.78     | 484.34  | 7.58   | 3671.30     | -0.09%      |
| TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04:PLATINAS 1/8"x11/2"      | ML  | 332.80  | 7.58   | 2522.62     | 332.11  | 7.58   | 2517.39     | -0.21%      |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 34 compara presupuesto de las principales partidas de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo obtenidos de la forma tradicional vs el presupuesto elaborado a partir de los metrados generados con el software BIM REVIT.

#### **4.3 LAST PLANNER**

Según la metodología realizada se obtuvo las siguientes planificaciones: PLANIFICACIÓN MAESTRA (LAST PLANNER) Y PLANIFICACIÓN SEMANAL, Ambas planificaciones nos permitieron elaborar el producto (expediente técnico) mediante un flujo de trabajo continuo, eliminando restricciones y previendo obstáculos que generen tiempo perdido.

Tabla 35: Plan maestro del expediente técnico de muestra.

| PLAN MAESTRO                       |  |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
|------------------------------------|--|----------------|----------|-------|--------|------------|----------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|-----------------|----------|-------|--------|------------|----------|--|
| NOMBRE DE PROYECTO                 | CREACIÓN DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO-ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
|                                    | OBSERVACION  |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
| PROPIETARIO                        | PUNO   |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
| Descripción de la Actividad        | AÑO 2017   |                |          |       |        |            | AÑO 2018 |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
|                                    | ABRIL  | MAYO           | JUNIO    | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE  | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO            | JUNIO    | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE  |  |
| Capacitación Lean                  | P1   | P1             |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
| Capacitación Tecnología BIM        |  |                |          |       | P2     | P2         |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        |            |          |  |
| Coordinaciones entre Stakeholders  | P3<br>A1 A2  | P3<br>A4       | P4<br>A3 | P4    | P3     | P4 P7      | P4 P7    | P4 P5 P7  | P4 P5 P7  | P3 P5 | P5 P7   | P5 P8 | P4 P7 | P7              | P3 P5 P6 | P5    |        | P5         | P3 P6 P9 |  |
| Arquitectura                       | B1   | C1 C2 C3       | C4       | C5    | C6 C7  | C8         | C8       | C8        | C8        | C8    | C8      | D16   | D17   | E1              | E2       | E2    | E2     | E2         | E4       |  |
| Estructuras                        | B1   | C9 C12 C13 C14 | C10      | C11   |        |            |          | D1 D2     | D3        | D3 D4 | D5 D6   | D7 D8 | D9    |                 | E1       | E2    | E2 E3  | E4         |          |  |
| Instalaciones Sanitarias           | B1   |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       | D10 D11 D12 D13 | E9       | E10   |        | E11        |          |  |
| Instalaciones Eléctricas           | B1   |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 | D14 D15  | E2    | E13    | E24        |          |  |
| Ingeniería de presupuesto y costos | B1   |                |          |       |        |            |          |           |           |       |         |       |       |                 |          |       |        | E15 E16    |          |  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Leyenda del plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra.

| PARTIDAS   | NOM      |
|--|----------|
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CAPACITACIÓN LEAN           | P1       |
| CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE BIM                        | P2       |
| REUNIONES COLABORATIVAS STAKEHOLDERS                 | P3       |
| ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS ARQUITECTOS           | P4       |
| ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS INGENIEROS CIVILES    | P5       |
| ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS INGENIEROS ELÉCTRICOS | P6       |
| REUNIONES COLABORATIVAS PROYECTISTAS                 | P7       |
| <b>DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b>                       |          |
| <b><u>NECESIDADES Y VALORES</u></b>                  | <b>A</b> |
| REQUERIMIENTO DE USUARIOS                            | A1       |
| DATOS TÉCNICOS DEL TERRENO PARA EST. Y ARQ           | A2       |
| DATOS TÉCNICOS PARA INST. SANITARIAS                 | A3       |
| DATOS TÉCNICOS PARA INST. ELÉCTRICAS                 | A4       |
| <b><u>CRITERIOS DE DISEÑO</u></b>                    | <b>B</b> |
| Revisión de normativas vigentes                      | B1       |
| <b>DISEÑO LEAN</b>                                   |          |
| <b><u>CONCEPTOS DE DISEÑO</u></b>                    | <b>C</b> |
| ANTEPROYECTO ARQUITÉCNICO                            | --       |
| Estudio Socioeconómico                               | C1       |
| Estudio Contextual                                   | C2       |
| Estudio Bioclimático                                 | C3       |
| Programa Arquitectónico                              | C4       |
| Elaboración Propuesta 1                              | C5       |
| Elaboración Propuesta 2                              | C6       |
| Elección de propuesta final                          | C7       |
| Modelado y planos de anteproyecto arquitectónico     | C8       |
| ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA                       | --       |
| ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS                        | --       |
| Trabajos insitu estudio de suelos                    | C9       |
| Ensayos de laboratorio                               | C10      |
| Informe del estudio de Mecánica de Suelos            | C11      |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO                            | C12      |
| Trabajos en gabinete                                 | C13      |
| Planos topográficos                                  | C14      |
| <b><u>DISEÑO DEL PROCESO</u></b>                     | <b>D</b> |
| <b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b>                            | --       |
| Estructuración prop 1,2                              | D1       |
| Predimensionamiento prop 1,2                         | D2       |
| Análisis estructural prop 1,2                        | D3       |
| Elección de propuesta final                          | D4       |
| Diseño en Concreto Armado                            | D5       |
| Especificaciones técnicas C°A°                       | D6       |
| Diseño en Acero                                      | D7       |
| Especificaciones técnicas estructuras de acero       | D8       |

| PARTIDAS (... continuación)                    | NOM      |
|--|----------|
| Planos estructural iniciales                   | D9       |
| DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS             | --       |
| Sistema de Agua fría                           | D10      |
| Sistema de evacuación de desague y ventilación | D11      |
| Sistema de drenaje pluvial                     | D12      |
| Especificaciones técnicas Inst. Sanitarias     | D13      |
| DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS             | D14      |
| Especificaciones técnicas Inst. Eléctricas     | D15      |
| DISEÑO ARQUITECTÓNICO                          | D16      |
| Especificaciones técnicas de Arquitectura      | D17      |
| <b><u>DISEÑO DEL PRODUCTO</u></b>              | <b>E</b> |
| ESPECIALIDAD DE ARQUITECTURA                   | --       |
| Modelamiento BIM                               | E1       |
| Planos   | E2       |
| Metrados                                       | E3       |
| Presupuesto Parcial                            | E4       |
| ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS                    | --       |
| Modelamiento BIM                               | E5       |
| Generación de documentación                    | --       |
| Planos   | E6       |
| Metrado  | E7       |
| Presupuesto Parcial                            | E8       |
| ESPECIALIDAD DE INST. SANITARIAS               | --       |
| Planos   | E9       |
| Metrados                                       | E10      |
| Presupuesto Parcial                            | E11      |
| ESPECIALIDAD DE INST. ELÉCTRICAS               | --       |
| Planos   | E12      |
| Metrados                                       | E13      |
| Presupuesto Parcial                            | E14      |
| PRESUPUESTO                                    | E15      |
| CRONOGRAMA                                     | E16      |
| CONSOLIDACIÓN Y REVISIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO | P8       |
| REUNIONES COLABORATIVAS STAKEHOLDERS           | P9       |
| PRESENTACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO             | P10      |

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 37: Plan semanal del expediente técnico de muestra.

| PLAN SEMANAL   |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
|--|---|--|---|---|--|--------|-----------------------|----------------------------|--|---|--|
| CREACIÓN DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARIQUICAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO-ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| OBISPAADO DE PUNO  |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| SEMANA 2 FEBRERO 2018  |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| Descripción de la Actividad  | SEMANA 2 FEBRERO 2018                         |  |   |   |  |        |                       | ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO |  | MEDIDA CORRECTIVA   |  |
|  | Lunes   | Martes   | Miércoles                               | Jueves                                    | Viernes                                      | Sábado | SI                    | NO                         | CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO   | ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO  |  |
| Arquitectura   | DIBUJO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS TIEMPO       | DIBUJO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS TIEMPO              | DIBUJO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS TIEMPO | DIBUJO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS TIEMPO   | DIBUJO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS TIEMPO      |        | X                     |                            |  |   |  |
| Estructuras  | DISEÑO C/A LOSAS ALERIASAS MÓDULO B2 COMPLEJO | DISEÑO C/A VIGAS MÓDULO B2 COMPLEJO                  | DISEÑO C/A VIGAS MÓDULO B2 COMPLEJO     | DISEÑO C/A COLUMNAS MÓDULO B2 DE COMPLEJO | DISEÑO C/A COLUMNAS MÓDULO B2 DE COMPLEJO    |        | X                     |                            |  |   |  |
| Instalaciones Eléctricas   |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| Instalaciones Sanitarias   |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| Ingeniería   |   |  |   |   |  |        |                       |                            |  |   |  |
| Softwares BIM  |   | ACTUALIZACIÓN SOFTWARE SKETCHUP (PARQUICAL)          |   |   |  |        |                       | X                          | Se ocupó el tiempo en el dibujo de planos de arquitectura en AutoCAD | Se programará la capacitación de software para la siguiente semana    |  |
| Herramientas Lean  |   | ACTUALIZACIÓN SOFTWARE REVIT (STRUCTURE ESTRUCTURAS) |   |   |  |        |                       | X                          | Se ocupó el tiempo en el diseño estructural                          | Se programará la capacitación de software Revit para el fin de semana |  |
| Coordinaciones Stakeholders  |   |  |   | REVISIÓN DE DISEÑO C/A JUICIO DE EXPERTOS | REVISIÓN COMPLEMENTARIA DE PROYECTOS SEMANAL |        | X                     |                            |  |   |  |
|  |   |  |   |   |  |        | PPC (%)               |                            | 88%  |   |  |
|  |   |  |   |   |  |        | 16 actividad en total |                            | 14 actividades cumplidas   |   |  |

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

- Se concluye que la aplicación de la filosofía Lean Design mediante las herramientas IPD y la constructabilidad logró optimizar la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018, esto se pudo evidenciar en los procesos:
  - Al trabajar en equipos multidisciplinarios se generó un flujo de trabajo dinámico y colaborativo dentro del cual cada profesional se empoderó y se sintió con mayor capacidad de acción, de igual manera afianzaron su productividad para obtener la mejor propuesta en la definición del proyecto. A su vez el aporte de la experiencia y capacidad de los constructores en la toma de decisiones en la definición del proyecto logró realizar un proyecto más realista y económico.
  - Una estrategia basada en múltiples alternativas genera ideas innovadoras que agregan valor al producto, mientras se proponga en etapas más tempranas se reduce el tiempo de corrección de errores posteriores en el proyecto por toma de decisiones precipitadas e individuales.
  - A mayor participación de los involucrados en el proyecto se minimiza las posibles modificaciones por requerimiento de algún integrante del equipo multidisciplinario durante el desarrollo del proyecto.
- La utilización del software Revit Structure optimizó el proceso y el tiempo de elaboración de planos en comparación a los generados con el software AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo. También se observó los siguientes beneficios:

- Los planos generados a partir modelado 3D del proyecto estructural en Revit Structure son confiables.
- La visualización 3D del modelo del proyecto estructural en Revit Structure permite identificar incoherencias e incompatibilidades y así poder corregirlos en una fase temprana.
- La interacción entre el modelo 3D y planos es dinámica pues la información y documentación siempre está en sincronía con el modelo en cada instante. Es decir que, si se modifica cualquier dato, automáticamente es actualizado en todo el proyecto
- Revit Structure posee herramientas que simplifican la generación de documentación como planos de planta, elevación, cortes alzados, etc, lo que se traduce también en un ahorro de tiempo de dibujo.
- La plataforma de Revit Structure posee una amplia librería de familias de los elementos estructurales que al poseer formas geométricas definidas acelera el tiempo de creación de planos.
- Revit Structure al ser un software BIM permite un trabajo colaborativo, rápido y efectivo a través de la importación y exportación del modelo 3D con otros softwares como Sketchup, SAP 2000 y Autocad.
- El modelado 3D en Revit Structure permite un mayor entendimiento del proyecto estructural para el equipo proyectista, así como para la presentación al cliente.
- La precisión del metrado generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el metrado realizado a criterio del proyectista.
- El tiempo de obtención de metrados generado por el software Revit Structure es menor que el tiempo de elaboración de metrados realizados a criterio del proyectista.

- El presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el presupuesto realizado a criterio del proyectista.
- La aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta optimizó la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de la metodología Lean Design en proyectos referentes a la construcción para optimizar el proceso de producción de expedientes técnicos, y así obtener proyectos óptimos con ideas innovadoras y con menores incompatibilidades entre especialidades, dado principalmente por un trabajo realizado por un equipo multidisciplinario.
- Se recomienda el uso de la tecnología BIM para el modelamiento de proyectos ya que los beneficios son múltiples, como la visualización 3D, metrados automáticos, identificación de interferencias, programación, entre otros, dependiendo la necesidad del proyectista utilizará distintos softwares afines a cada requerimiento.
- Para la continuidad de investigación de la presente tesis se recomienda tomar Lean Construction en todas las etapas de un proyecto: Diseño, ejecución, operación y mantenimiento.
- Se recomienda utilizar la tecnología BIM y las herramientas Lean en la elaboración de expedientes técnicos que generan presupuestos más ajustados a la realidad, ya que en el Perú los gastos por retrabajos con altos y muchas veces no son cuantificables ya que son cubiertos por el margen de ganancia.
- Se recomienda la difusión de conceptos beneficios y limitaciones de la tecnología BIM a nivel de pregrado en las universidades.
- Cabe resaltar que la presente investigación se avoca a la evaluación de la filosofía Lean en la fase de elaboración del expediente técnico, de igual manera en la fase de ejecución de obra también se puede utilizar los lineamientos y herramientas lean de manera más específica lo que se conoce como Lean Construction, la cual se sugiere como línea de investigación.

## CAPÍTULO VII

### 7. REFERENCIAS

- CAPECO. (16 de Noviembre de 2018). Comité BIM del Perú. *Perú construye*. Recuperado de <https://peruconstruye.net/wp/2018/11/16/comite-bim-del-peru/>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & González Márquez, R. (2014). INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 14(1), 4-10. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/284159764\\_INTRODUCCION\\_A\\_LA\\_METODOLOGIA\\_BIM](https://www.researchgate.net/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM)
- COAIN. (2016). La transformación digital de la Industria. *TESLA*(10), 4-5. Recuperado de <http://portal.coiim.es>
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. California, Estados Unidos: Cengage Learning Latin Am.
- Espinoza Rosado , J., & Pacheco Echevarría, R. M. (2014). *MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Freire, J., & Alarcón, L. F. (2001). MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE DISEÑO EN PROYECTOS ACHIEVING A LEAN DESIGN PROCESS. *Ingeniería de Construcción*, 16 (1), 61-71. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/201/12>

- GrantThornton. (2018). *BIM(Building Information Modeling)*. GrantThornton Corporación S.L.P. Recuperado de [https://www.grantthornton.es/globalassets/\\_\\_\\_spain\\_\\_\\_/folletos/bim.pdf](https://www.grantthornton.es/globalassets/___spain___/folletos/bim.pdf)
- Guzman Tejada, A. (2014). *APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- López, J. G. (Julio de 2016). *BIM en 8 puntos.es.BIM*. Recuperado de [https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento\\_difusion\\_BIM.pdf](https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf)
- McGraw Hill Construction. (2013). *The business value of BIM for construction in major global markets*. SmartMarket Report. Recuperado de [https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim\\_construction.pdf](https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf)
- Molinare, A. (8 de Mayo de 2012). *Las ventajas más importantes del BIM*. ArchDaily. Recuperado de <https://www.archdaily.pe>
- Orihuela Astupinaro, P., & Orihuela Astupinaro, J. (2005). *APLICACIONES DEL LEAN DESIGN A PEQUEÑOS PROYECTOS INMOBILIARIOS DE VIVIENDA*. Motiva S.A. Recuperado de [http://www.motiva.com.pe/articulos/LeanDesign\\_ProyectosInmobiliarios.pdf](http://www.motiva.com.pe/articulos/LeanDesign_ProyectosInmobiliarios.pdf)
- Pacheco Borja, R. (2017). *COMPARACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL VS LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM(BUILDING INFORMATION MANAGEMENT) EN LA ETAPA DE DISEÑO Y SEGUIMIENTO EN*

*EJECUCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO DE ESTUDIO* (Tesis de pregrado).

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Pacheco, E. R. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PLANIFICACIÓN CONVENCIONAL Y LA METODOLOGIA BIM DEL PROYECTO "COLEGIO EMBLEMÁTICO JUANA CERVANTES DE BOLOGNESI* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Pons Achell, J. F. (Ed).(2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid, España: Editorial Fundación Laboral de la Construcción.
- Quispe Quispe, M. I. (2015). *ESTUDIO DE UN SISTEMA DE PLANEAMIENTO APLICANDO LAST PLANNER SYSTEM DE LEAN CONSTRUCTION PARA PROCESOS ELECTROMECAÑICOS DE UNA PLANTA ELÉCTRICA DE POTENCIA* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Uchilefau. (2016). *Encuesta Nacional BIM 2016 Informe de resultados*. Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140341/Encuesta\\_Nacional\\_BIM\\_2016.pdf](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140341/Encuesta_Nacional_BIM_2016.pdf)
- Vásquez Ayala, J. (2006). *EL "LEAN DESIGN" Y SU APLICACIÓN A LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Cruz Velasco, L. G. (2015). *Distribución de esfuerzos en el terreno* Universidad de Cauca. Recuperado de <ftp.unicauca.edu.co>
- Vilca Peralta, Y. E. (2014). *OPTIMIZACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS EN LA GESTION DE PROYECTOS DE INGENIERIA UTILIZANDO LA*

TECNOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODEL-MODELADO DE INFORMACION PARA EDIFICACIONES) APLICADO AL "CENTRO DE EDUCACION CONTINUA UNA-PUNO" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1:**

**PLANOS DE ESTRUCTURAS DE MUESTRA DEL  
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO CON EL  
MÉTODO CONVENCIONAL.**

PLANO B1/E-01:  
DISTRIBUCIÓN DE CÚPULA CENTRAL – CASCARÓN  
INTERNO

PLANO B1/E-02:

DETALLES ARMADURA AM-CI-01

PLANO B1/E-03:  
DETALLES CERCHA C-CI-01

PLANO B1/E-04:

DISTRIBUCIÓN DE BÓVEDAS OJIVALES – CASCARÓN  
INTERNO

PLANO B1/E-05:

DETALLES: CERCHAS METÁLICAS DE BÓVEDAS  
OJIVALES

PLANO B1/E-6:

DISTRIBUCIÓN DE CASCARÓN EXTERNO

PLANO B1/E-7:

DETALLES: ARMADURA AM-CE-02

PLANO B1/E-8:

DETALLES: CERCHA C-CE-02

**ANEXO 2:**

**PLANOS DE ESTRUCTURAS DE MUESTRA DEL  
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO GENERADOS  
CON EL SOFTWARE REVIT STRUCTURE.**

PLANO B1/E-09:

DISTRIBUCIÓN DE CÚPULA CENTRAL – CASCARÓN  
INTERNO

PLANO B1/E-10:

DISTRIBUCIÓN DE CASCARÓN EXTERNO

**ANEXO 3:**

**RESUMEN EJECUTIVO DE PROYECTO “CREACIÓN  
DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL  
NIÑO SALVADOR DEL MUNDO–ALTO PUNO,  
DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO,  
2018”**

## RESUMEN EJECUTIVO

### A. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”, se elabora con el objeto de ofrecer una edificación al servicio comunitario de la población de Alto Puno, mediante la ejecución de infraestructuras de características innovadoras y en armonía con el medio ambiente, y de ésta manera mejorar la calidad de las condiciones del servicio comunitario parroquial y socio cultural, que el Obispado de Puno viene realizando en el área de intervención del sector Alto Puno, en favor de la población meta.

El proyecto está conformado por tres infraestructuras que cumplen con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones, normas de seguridad y requerimientos de la población para un óptimo servicio.

Está organizado en tres bloques B1, B2 Y B3 claramente definidas por el uso de los ambientes: Bloque B1 está referido al Templo Niño Salvador del Mundo, bloque B2 subdividido en B2a (aulas taller), B2b (zona administrativa) y B2 (casa cural), y B3 referido a un Salón de Usos Múltiples.

El bloque B1 Templo Niño Salvador del Mundo presenta una forma de un gran domo en su composición formal, elemento notable, a partir del cual se organiza la arquitectura complementaria, este elemento tiene una gran fuerza visual y por ello mismo la posibilidad de adquirir la presencia como icono urbano. Entonces la propuesta presenta un diseño innovador que no pierde su lenguaje religioso ya que sustenta sus formas en referentes, históricos y culturales. Esta infraestructura toma las medidas de seguridad necesarias pues acoge a un público grande de 500 personas aproximadamente.

Los bloques B2 y B3 que presenta el proyecto son los ambientes básicos complementarios para el desarrollo de un complejo parroquial los cuales permiten realizar las actividades de culto, evangelización, didáctica, servicios administrativos servicios comunitarios y vivienda. Todos estos ubicados de tal modo que se adecuan al contexto urbano ofreciendo espacios públicos, semipúblicos y privados. La pequeña programación se da por las dimensiones del terreno que a pesar de ello se la aprovecha al máximo, pues se plantearon grandes espacios abiertos que permiten la articulación del conjunto e incluso la posibilidad de generar estares-jardín. Estos espacios abiertos y verdes permiten crear un vínculo con el medio ambiente y ofrecer al público espacios acogedores, de esparcimiento y descanso.

El proyecto articula sus accesos principales a espacios públicos de los cuales el de mayor relevancia es la plaza explanada que se encuentra contiguo a él, con el fin de aprovechar al máximo las áreas se hizo una conexión directa esta. El otro acceso está articulado hacia una vía por ello presenta un atrio de ingreso el cual genera un espacio de vínculo entre la vía y el templo, a su vez que ofrece un espacio de seguridad. Los otros accesos tanto hacia la parroquia como el del salón de usos múltiples presentan el mismo lenguaje, un espacio de recepción que ofrece seguridad y comodidad. De este modo el proyecto genera un vínculo con el espacio público.



*Figura 130: Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo*

*Fuente: Propia*

Las áreas construidas del Complejo Sociocultural Parroquial Niño salvador del Mundo son:

Tabla 38: Leyendas de áreas construidas

| <b>ÁREAS CONSTRUIDAS</b> |     |         |         |         |
|--------------------------|-----|---------|---------|---------|
| B1                       |     | 1 Nivel | 1022.65 | 1089.40 |
|                          |     | 2 Nivel | 66.75   |         |
| B2                       | B2a | 1 Nivel | 169.99  | 831.28  |
|                          |     | 2 Nivel | 169.99  |         |
|                          | B2b | 1 Nivel | 73.87   |         |
|                          |     | 2 Nivel | 124.05  |         |
|                          | B2c | 1 Nivel | 146.69  |         |
|                          |     | 2 Nivel | 146.69  |         |
| B3                       |     | 1 Nivel | 129.87  | 129.87  |
| Área Total Construida    |     |         |         | 2050.55 |
| Área libre 42.79%        |     |         |         | 1154.15 |
| Área Ocupada             |     |         |         | 3204.70 |
| Área total del terreno   |     |         |         | 2697.22 |

Fuente: Propia

El proyecto contempla las estructuras necesarias, detalles, acabados, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y proyecciones de equipamiento básico.

El costo directo total asciende a S/. 4 902 989.79 Nuevos soles, con un plazo de ejecución de la obra de 330 días.

Los costos de los materiales, mano de obra y equipo, que componen el costo directo de la construcción de la edificación, calculado en el expediente técnico, se obtuvieron a partir de cotizaciones en el mercado.

## B. ANTECEDENTES

Actualmente el Centro Poblado de Alto Puno no cuenta con el equipamiento de un Complejo, en el que se desarrollen actividades parroquiales y socio culturales, correspondiente a la clasificación de otros fines, además de acuerdo con los radios de influencia normados a través de los reglamentos (RNC. y SISNE) se requiere la pronta instalación de este servicio y de acuerdo a las necesidades de la población (fiestas patronales y celebraciones religiosas).

Así en una acción concertada entre la población, el obispado y el gobierno local se viene gestionando el apoyo a la ejecución del proyecto “Creación del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo - Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”, en la procura de lograr el financiamiento necesario para la ejecución del proyecto desarrollado en el expediente técnico del proyecto denominado: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”.

En ese sentido, mediante el CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, aprobado mediante R.R. N° 0564-2016-R-UNA, se concerta la mutua colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano a fin de consolidar esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto definitivo para la Construcción del Templo “Niño Salvador del Mundo”, cuya ubicación se sitúa en el Centro Poblado de Alto Puno de la ciudad de Puno.

En virtud al Convenio de Cooperación Interinstitucional en referencia, se encarga a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNA PUNO, la implementación y

ejecución del proyecto, promoviendo la participación de estudiantes, graduandos con asesoramiento de docentes universitarios.

### **C. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Mejorar las condiciones de planificación del Centro Poblado De Alto Puno y brindar un servicio necesario para la población, a cargo del obispado de Puno, en el propósito de desarrollar la formación histórica, cultural y moral de la población, y a brindar el apoyo en las actividades espirituales y socio culturales.

### **D. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El presente Proyecto de Inversión Pública, se encuentra ubicado geográficamente en:

Departamento : Puno  
Provincia : Puno  
Distrito : Puno  
Barrio : Urb. Ciudad Del Alto Puno  
Dirección : Calle sin nombre

Coordenadas geográficas UTM del predio donde se construirá el proyecto:

Este : 389176 E  
Norte : 8251063 N  
Elevación : 3993 msnm

## **E. CRITERIOS DE DISEÑO E INTERVENCIÓN UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para el diseño de la edificación se ha tenido en cuenta el aprovechamiento de energía solar y ventilación natural. Para los acabados se han considerado detalles que brinden confort a los usuarios.

Por otra parte, en función del aforo se ha realizado la distribución de áreas y ambientes, y de ello, se ha considerado el mobiliario acorde a este tipo de proyectos.

Se han realizado estudios básicos de ingeniería como estudio de mecánica de suelos y estudio topográfico. Todo ello para obtener una edificación moderna, segura, y en armonía con el medio ambiente.

## **F. METAS**

El proyecto comprende la ejecución de partidas específicas para la culminación de las obras civiles de un área construida de 2 050.55 m<sup>2</sup>.

Donde el área a construir se divide en tres bloques que constan de:

- Bloque B1 Templo: Domo de un nivel
- Bloque B2 Módulos:
  - Bloque B2a Aulas taller: edificación dos niveles
  - Bloque B2b Zona Administrativa: edificación cuatro niveles
  - Bloque B2c Casa cural: edificación de un nivel
- Bloque B3 SUM: edificación de un nivel

**G. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR ITEMS**

**1 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA**

*Tabla 39: Presupuesto de proyecto Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo*

| ITEM                         | DESCRIPCIÓN SUBPRESUPUESTO  | CANTIDAD | P. PARCIAL (S/.)    |
|------------------------------|---|----------|---------------------|
| 001                          | OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD, Y MEDIO AMBIENTE | 1.00     | 97,627.05           |
| 002                          | TEMPLO  | 1.00     | 2,813,301.98        |
| 003                          | MODULOS DEL CENTRO PARROQUIAL   | 1.00     | 1,406,682.57        |
| 004                          | OBRAS EXTERIORES  | 1.00     | 570,144.55          |
| 005                          | SEGURIDAD Y EVACUACIÓN  | 1.00     | 15,233.64           |
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>   |   |          | <b>4,902,989.79</b> |
| GASTOS GENERALES (14.928%) : |   |          | 731,933.48          |
| UTILIDADES (7.00%) :         |   |          | 343,209.29          |
| <b>SUBTOTAL</b>              |   |          | <b>5,978,132.56</b> |
| IGV (18.00%) :               |   |          | 1,076,063.86        |
| <b>COSTO TOTAL DE OBRA</b>   |   |          | <b>7,054,196.42</b> |

**2 RESUMEN PRESUPUESTO GASTOS DE SUPERVISIÓN**

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO DE SUPERVISIÓN</b> | <b>212,820.00</b> |
| UTILIDADES (10.00%) :                     | 21,282.00         |
| <b>SUBTOTAL</b>                           | <b>234,102.00</b> |
| IGV (18.00%) :                            | 42,138.36         |
| <b>COSTO TOTAL GASTO DE SUPERVISIÓN</b>   | <b>276,240.36</b> |

*Fuente: Propia*

**COSTO TOTAL DEL  
PROYECTO :**

**S/. 7,330,436.78**

**H. PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO**

El plazo de ejecución de la obra es de 13 meses calendarios, a partir de la entrega del terreno, que debe ser concordante con la asignación presupuestal.

El plazo de ejecución de la supervisión de la obra, es de 14 meses calendarios, que comprende 13 meses para supervisión de la ejecución de la obra, y 01 mes para el proceso de revisión y aprobación de la liquidación del contrato de obra.

#### **I. FINANCIAMIENTO Y MODALIDAD DE EJECUCION**

Considerando que el propietario del proyecto es el Obispado de Puno, el financiamiento para la ejecución del proyecto, estará definido en función a las gestiones que el ente propietario realice, en coordinación directa con la población usuaria.

La modalidad de ejecución del proyecto, asumiendo que el financiamiento sea de fuente pública o privada, se propone como sigue:

- Componente 1 Ejecución de Obra: Por contrata,
- Componente 2 Supervisión de Obra: Por contrata consultoría de obra.

#### **J. RELACIÓN DE PROFESIONALES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

En concordancia con los lineamientos del convenio específico de cooperación interinstitucional entre el Obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano, la Decanatura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha delegado la coordinación para la formulación del proyecto al docente Ingeniero Jaime Medina Leiva, a partir de lo cual se ha conformado el equipo de proyectistas, a partir de la participación de bachilleres, que enfocan el desarrollo del proyecto como temática para titulación (obtención de título profesional) en pre grado.

El equipo de proyectistas se conforma de la siguiente manera:

- 1. Jefe de Proyecto Ingeniería: Ing. Jaime Medina Leiva**
- 2. Jefe de Proyecto Arquitectura: Arq. Ayner Valer Ergueta**
- 3. Proyectistas en Diseño Arquitectónico:**

- Bach. Henry Cesar Quispe Quispe
- Bach. Jamer Jesus Mamani Apaza

#### 4. **Proyectistas en Diseño Estructural e Instalaciones Interiores:**

- Bach. Lady Mirella Flores Pacho
- Bach. Paola Liliana Medina Bustamante

#### 5. **Asesores proyectistas:**

- **Especialista en Diseño Arquitectónico:** Ar. Ayner Valer Ergueta (docente de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo).
- **Especialista en Diseño Estructural:** Ing. MSc. Sonia Esmeralda Pari Quispe (ingeniero egresado de la UNA PUNO).
- **Especialista en Instalaciones Sanitarias:** Ing. Jaime Medina Leiva (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil)
- **Especialista en Instalaciones Eléctricas:** Ing. Angel Mario Hurtado Chávez (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica).
- **Especialista en presupuestos y programación:** Ing. Betsy Amelia Paiva Quispe (ingeniero egresado de la UNA PUNO).
- **Especialista en geotecnia y/o mecánica de suelos:** Ing. Gino Laque Córdova (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil)

#### 6. **Equipo de apoyo:**

- **Cadistas Arquitectura:**

- Bach. Limber A. Quispe Cáceres
- Bach. Frank Ciro Yucra Chupa
- **Cadistas Estructuras:**
  - Ing. Alberto Barriga Gallegos (ingeniero egresado de la UNA PUNO)
  - Bach. Arturo Waldemar Quispe Condori
- **Cadista Instalaciones Sanitarias:**
  - Ing. Abel Edwar Esteba Apaza (ingeniero egresado de la UNA PUNO)
- **Metrados:**
  - Bach. Henry Franklin Torres Paredes (Arquitectura)
  - Bach. Yudith Madeleine Velásquez Cruz (Estructuras)

## **K. RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRA**

La ejecución de la obra, deberá implementarse de acuerdo al tipo de fuente de financiamiento que el propietario logre comprometer (financiamiento con recursos públicos, o financiamiento con recursos privados). Si el financiamiento corresponde a recursos públicos, deberá viabilizares el cumplimiento de la normativa para proyectos de inversión pública, así como la normativa para la contratación de la ejecución y supervisión de la obra en la modalidad de Contrata.

Las recomendaciones para la estrategia de ejecución del proyecto, para maximizar la probabilidad de lograr los objetivos en costo, tiempo y desempeño, establecidos en la programación de obra son:

- El responsable de la ejecución del proyecto, debe medir el tamaño de su equipo de trabajo, las capacidades, experiencia y nivel de control.

- Tener claridad en los objetivos y metas del proyecto.
- Realizar ajustes de cronograma, que permitan un control real del avance de la ejecución de la obra.
- Poner en práctica el plan de seguridad y salud en obra, que el ejecutor de obra deberá formularlo.

**ANEXO 4:**

**ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL ESTUDIO  
GEOTÉCNICO (TERRENO DEL TEMPLO NIÑO  
SALVADOR DEL MUNDO)**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**COMPRESIÓN INCONFINADA DE ROCAS**

PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO POR : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
MUESTRA : CALICATAS: C-1, C-2, C-3, C-4  
FECHA : 21 DE JUNIO DEL 2017

| PROF. (m) | CALICATA | ELEMENTO       | DIMENSIONES                |               |             | AREA (Cm <sup>2</sup> ) | PESO VOLUMETRICO |                                | CARGA MAX (Kgp) | RESISTENCIA MAXIMA qu Kgp/Cm <sup>2</sup> | OBSERVACIONES               |
|-----------|----------|----------------|----------------------------|---------------|-------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|---|-----------------------------|
|           |          |                | VOLUMEN (Cm <sup>3</sup> ) | DIAMETRO (Cm) | ALTURA (Cm) |                         | PESO (Gr.)       | PESO VOL (Kgp/m <sup>3</sup> ) |                 |   |                             |
| 2.00m.    | C-1      | ESPECIMEN - 01 | 265.70                     | 5.45          | 11.40       | 23.30                   | 363              | 1.37                           | 340             | 14.59                                     | FALLA FRAGIL                |
| 1.50m.    | C-2      | ESPECIMEN - 01 | 248.72                     | 5.48          | 10.53       | 23.62                   | 588.78           | 2.37                           | 5570            | 235.81                                    | FALLA FRAGIL                |
| 1.50m.    | C-2      | ESPECIMEN - 02 | 250.71                     | 5.50          | 10.56       | 23.73                   | 586.51           | 2.34                           | 6980            | 294.11                                    | FALLA FRAGIL                |
| 2.20m.    | C-3      | ESPECIMEN - 01 | 253.00                     | 5.49          | 10.68       | 23.69                   | 613.05           | 2.42                           | 6530            | 275.65                                    | FALLA ATRAVEZ DE UNA GRIETA |
| 1.55m.    | C-4      | ESPECIMEN - 01 | 226.10                     | 5.43          | 9.76        | 23.17                   | 369.65           | 1.77                           | 340             | 14.68                                     | FALLA FRAGIL                |
| 1.55m.    | C-4      | ESPECIMEN - 02 | 252.69                     | 5.49          | 10.67       | 23.69                   | 615.78           | 2.44                           | 10240           | 432.26                                    | ROTURA POR LA MATRIZ        |

MUESTRAS EN ESTADO NATURAL

OBSERVACIONES:

EL MUESTREO FUE REALIZADO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Inge. Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. STIPA SARABA  
Reg. C.º. N.º 17730  
Jefe de Laboratorio



Bach. Ing. Carlos A. Momani Cuitipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
 SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
 REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
 FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

DATOS DE LA MUESTRA:  
 UBICACIÓN : ALTO PUNO  
 CALICATA : C - 1    ESTRATO : E - 1  
 PROFUNDIDAD : 0.00m. - 0.60m.

| Nro De Tara               | A-1    | R-2    | E-3    |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Peso de Tara              | 22.03  | 19.54  | 13.48  |
| Peso de Tara + M. Humeda  | 94.08  | 87.92  | 82.29  |
| Peso de Tara + M. Seca    | 76.92  | 71.23  | 65.43  |
| Peso de Agua              | 17.16  | 16.69  | 16.86  |
| Peso Muestra Seca         | 54.89  | 51.69  | 51.95  |
| Contenido de humedad W%   | 31.3 % | 32.3 % | 32.5 % |
| Promedio cont. Humedad W% | 32.0 % |        |        |

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

*Boch. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa*  
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

*Ing. JOSE L. CUTIPA ARASA*  
 Reg. O.P. N° 53535  
 Jefe de Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACION : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

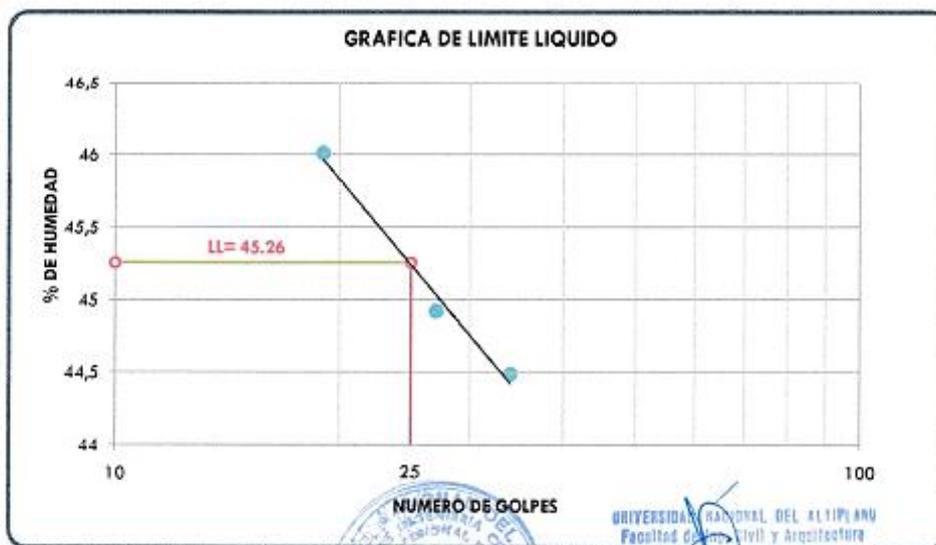
DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACION : ALTO PUNO  
CALIGATA : C - 1                      ESTRATO: E - 1  
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 0.60m.

| LIMITE LIQUIDO    |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | C-1   | P0-1  | T-85  | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 15.97 | 16.64 | 16.29 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 34.45 | 31.06 | 34.60 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 28.76 | 26.59 | 28.83 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 5.7   | 4.5   | 5.8   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 12.8  | 10.0  | 12.5  | - |
| % de Humedad      |     | 44.5  | 44.9  | 46.0  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 34    | 27    | 19    | - |

| LIMITE PLASTICO   |     |       |       |   |   |
|-------------------|-----|-------|-------|---|---|
| # Tara            |     | A-33  | B-2   |   | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 12.53 | 13.80 | - | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 15.53 | 16.25 | - | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 14.80 | 15.67 | - | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.7   | 0.6   | - | - |
| Suelo Seco        | gr. | 2.3   | 1.9   | - | - |
| % de Humedad      |     | 32.2  | 31.0  | - | - |

LIMITE LIQUIDO                      LL = 45.26 %  
LIMITE PLASTICO                    LP = 31.6 %  
INDICE DE PLASTICIDAD            I.P. = 13.7 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. JOSE L. CUTIAPA  
Reg. CIP. 67739  
Jefe de Laboratorio







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNA Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 06 DE JUNIO DE 2017

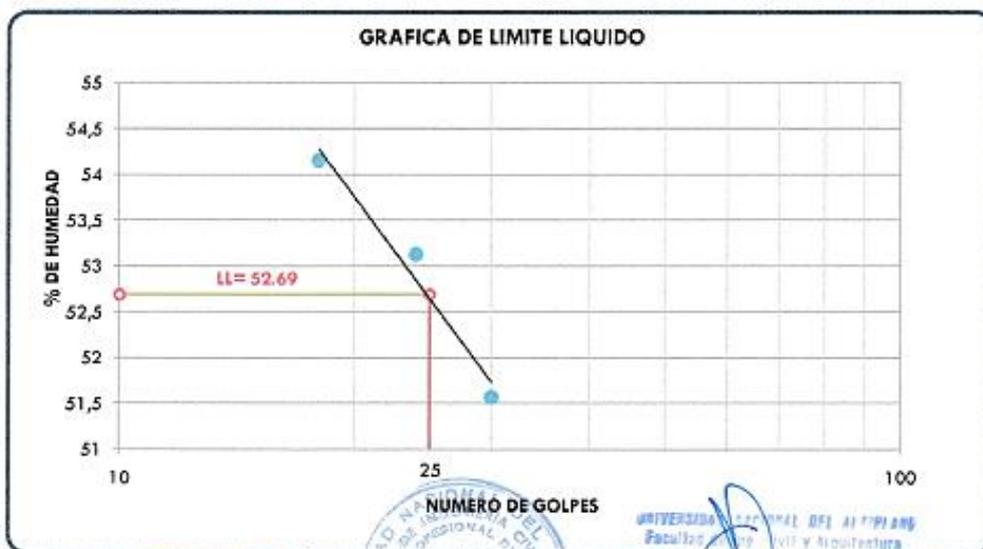
**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

DATOS DE LA MUESTRA:  
UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C - 1                      ESTRATO: E - 2  
PROFUNDIDAD: 0.60m. - 0.70m.

| LIMITE LIQUIDO    |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | PU-4  | M-6   | A-30  | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 19.30 | 15.57 | 17.82 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 33.29 | 28.05 | 31.54 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 28.53 | 23.72 | 26.72 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.8   | 4.3   | 4.8   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 9.2   | 8.2   | 8.9   | - |
| % de Humedad      |     | 51.6  | 53.1  | 54.2  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 30    | 24    | 18    | - |

| LIMITE PLASTICO   |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | PD-1  | T-4   | P-4   | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 13.04 | 13.48 | 13.71 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 14.82 | 15.22 | 15.78 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 14.34 | 14.76 | 15.23 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.5   | 0.5   | 0.5   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 1.3   | 1.3   | 1.5   | - |
| % de Humedad      |     | 36.9  | 35.9  | 36.2  | - |

LIMITE LIQUIDO                      L.L. = 52.69 %  
LIMITE PLASTICO                    L.P. = 36.3 %  
INDICE DE PLASTICIDAD            I.P. = 16.3 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Morales  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
Ing. JOSE L. CUTIPA TRAPA  
Reg. C.P. N° 37739  
Jefe de Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO** : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO** : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA** : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA** : 21 DE JUNIO DE 2017

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN:** ALTO PUNO  
**CALICATA:** C - 1 **ESTRATO:** E-3  
**PROFUNDIDAD:** 0,70m. - 2,00m.

| Nro De Tara               | PRX-1  | B-29   | PRX-3  |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Peso de Tara              | 17.65  | 17.41  | 16.6   |
| Peso de Tara + M. Humeda  | 103.54 | 137.28 | 105.35 |
| Peso de Tara + M. Seca    | 74.56  | 97.21  | 75.49  |
| Peso de Agua              | 28.98  | 40.07  | 29.86  |
| Peso Muestra Seca         | 56.91  | 79.8   | 58.89  |
| Contenido de humedad W%   | 50.9 % | 50.2 % | 50.7 % |
| Promedio cont. Humedad W% | 50.6 % |        |        |

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ing. Civil y Arquitectura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
 Ing. JOSE L. CUTIPA AMPA  
 Reg. CIP. Nº 67295  
 Jefe de Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

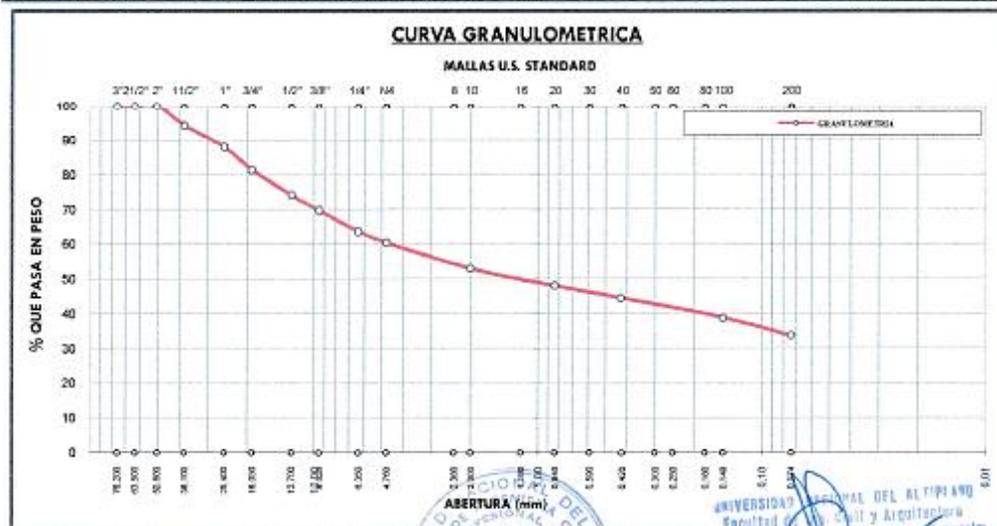


**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D421)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C - 1      **ESTRATO:** E-3  
**PROFUNDIDAD:** 0.70m. - 2.00m.

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACJUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA                              |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00           | 100.00     |                | Peso Inicial : 3694 gr                                 |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b>                         |
| 2"           | 50.800               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | Limite Liquido : 61.6%                                 |
| 1 1/2"       | 38.100               | 219.52        | 5.94           | 5.94           | 94.06      |                | Limite Plasticó : 34.4%                                |
| 1"           | 25.400               | 225.62        | 6.11           | 12.05          | 87.95      |                | Indice Plasticó : 27.2%                                |
| 3/4"         | 19.050               | 244.94        | 6.63           | 18.68          | 81.32      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b>                         |
| 1/2"         | 12.700               | 268.19        | 7.26           | 25.94          | 74.06      |                | AASHTO : A-2-7 (3)                                     |
| 3/8"         | 9.525                | 164.11        | 4.44           | 30.38          | 69.62      |                | SUCS : GM  |
| 1/4"         | 6.350                | 226.24        | 6.12           | 36.51          | 63.49      |                | % de Grava : 39.67 %                                   |
| Nº 4         | 4.760                | 116.75        | 3.16           | 39.67          | 60.33      |                | % de Arena : 26.72 %                                   |
| Nº 6         | 3.360                |               | 0.00           | 39.67          | 60.33      |                | % Pasa Nº 200 : 33.61 %                                |
| Nº 8         | 2.380                | 225.42        | 6.10           | 45.77          | 54.23      |                |  |
| Nº 10        | 2.000                | 49.91         | 1.35           | 47.12          | 52.88      |                |  |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 47.12          | 52.88      |                |  |
| Nº 20        | 0.840                | 182.84        | 4.95           | 52.07          | 47.93      |                |  |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 52.07          | 47.93      |                |  |
| Nº 40        | 0.426                | 130.55        | 3.53           | 55.61          | 44.39      |                |  |
| Nº 50        | 0.297                |               | 0.00           | 55.61          | 44.39      |                |  |
| Nº 80        | 0.177                | 181.35        | 4.91           | 60.52          | 39.48      |                | <b>Observaciones :</b>                                 |
| Nº 100       | 0.149                | 26.97         | 0.73           | 61.25          | 38.75      |                | 20% de la muestra, son particulas mayores a 3 pulgadas |
| Nº 200       | 0.074                | 190.18        | 5.15           | 66.39          | 33.61      |                |  |
| -200         |                      | 1241.41       | 33.61          | 100.00         | 0.00       |                |  |



**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.  
 Bach. Ing. Carlos A. Mamaní Cutipa  
 TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE L. QUIJES CRAPA  
 Reg. C. P. N.º 207739  
 Jefe de Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

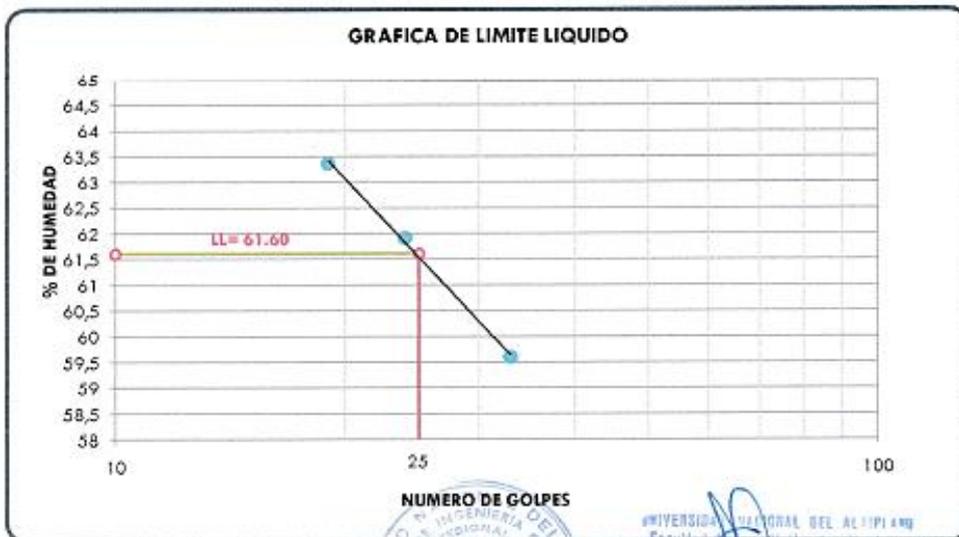
**DATOS DE LA MUESTRA:**

**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C - 1                      **ESTRATO:** E-3  
**PROFUNDIDAD:** 0.70m. - 2.00m.

| LIMITE LIQUIDO    |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | Z-11  | PRX-1 | PRX-3 | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 20.14 | 17.63 | 16.59 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 32.86 | 31.15 | 32.42 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 28.11 | 25.98 | 26.28 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.8   | 5.2   | 6.1   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 8.0   | 8.4   | 9.7   | - |
| % de Humedad      |     | 59.6  | 61.9  | 63.4  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 33    | 24    | 19    | - |

| LIMITE PLASTICO   |     |       |       |   |   |
|-------------------|-----|-------|-------|---|---|
| # Tara            |     | F-11  | N-19  | - | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 12.61 | 13.13 | - | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 14.23 | 14.75 | - | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 13.82 | 14.33 | - | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.4   | 0.4   | - | - |
| Suelo Seco        | gr. | 1.2   | 1.2   | - | - |
| % de Humedad      |     | 33.9  | 35.0  | - | - |

**LIMITE LIQUIDO**                      L.L. = 61.60 %  
**LIMITE PLASTICO**                    L.P. = 34.4 %  
**INDICE DE PLASTICIDAD**            I.P. = 27.2 %



**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. CUTIPE ARAPA  
 Reg. C.A. N.º 67739  
 Jefe de Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

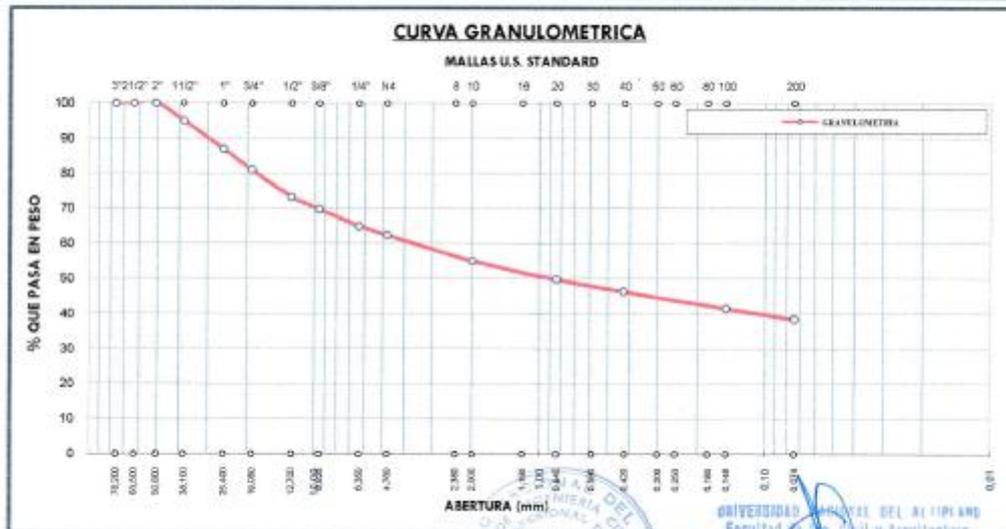


**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D421)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C-2 **ESTRATO: E-1**  
**PROFUNDIDAD:** 0.00m. - 0.27m.

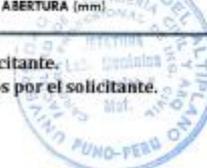
| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00          | 100.00     |                | Peso Inicial : 3019 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00          | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               |               | 0.00           | 0.00          | 100.00     |                | Limite Liquido : 46.5%         |
| 1 1/2"       | 38.100               | 155.32        | 5.14           | 5.14          | 94.86      |                | Limite Plastico : 27.6%        |
| 1"           | 25.400               | 244.02        | 8.08           | 13.23         | 86.77      |                | Indice Plastico : 18.9%        |
| 3/4"         | 19.050               | 178.27        | 5.90           | 19.13         | 80.87      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 229.23        | 7.59           | 26.73         | 73.27      |                | AASHTO : A-7-6 (3)             |
| 3/8"         | 9.525                | 107.82        | 3.57           | 30.30         | 69.70      |                | SUCS : GM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 147.75        | 4.89           | 35.19         | 64.81      |                | % de Grava : 37.71 %           |
| Nº 4         | 4.760                | 75.94         | 2.52           | 37.71         | 62.29      |                | % de Arena : 23.99 %           |
| Nº 6         | 3.360                |               | 0.00           | 37.71         | 62.29      |                | % Pasa Nº 200 : 38.31 %        |
| Nº 8         | 2.380                | 180.38        | 5.97           | 43.68         | 56.32      |                |                                |
| Nº 10        | 2.000                | 41.14         | 1.36           | 45.04         | 54.96      |                |                                |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 45.04         | 54.96      |                |                                |
| Nº 20        | 0.840                | 158.87        | 5.26           | 50.31         | 49.69      |                |                                |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 50.31         | 49.69      |                |                                |
| Nº 40        | 0.426                | 105.68        | 3.50           | 53.81         | 46.19      |                |                                |
| Nº 50        | 0.297                |               | 0.00           | 53.81         | 46.19      |                |                                |
| Nº 80        | 0.177                | 128.22        | 4.25           | 58.05         | 41.95      |                |                                |
| Nº 100       | 0.149                | 16.16         | 0.54           | 58.59         | 41.41      |                |                                |
| Nº 200       | 0.074                | 93.68         | 3.10           | 61.69         | 38.31      |                |                                |
| -200         |                      | 1156.52       | 38.31          | 100.00        | 0.00       |                | <b>Observaciones :</b>         |



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.

Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cuzco  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. COTIPA CARRERA  
Reg. C.O. Nº 8533  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C-2                      ESTRATO: E - 1  
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 0.27m.

**LIMITE LIQUIDO**

| # Tara            |     | R-1   | P-1   | P-5   | - |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| Peso de la Tara   | gr. | 19.49 | 17.77 | 25.52 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 34.61 | 34.22 | 38.15 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 29.90 | 29.01 | 34.11 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.7   | 5.2   | 4.0   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 10.4  | 11.2  | 8.6   | - |
| % de Humedad      |     | 45.2  | 46.4  | 47.0  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 33    | 27    | 22    | - |

**LIMITE PLASTICO**

| # Tara            |     | W-2   | R-2   |   | - |
|-------------------|-----|-------|-------|---|---|
| Peso de la Tara   | gr. | 19.07 | 19.54 | - | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 20.86 | 21.26 | - | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 20.47 | 20.89 | - | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.4   | 0.4   | - | - |
| Suelo Seco        | gr. | 1.4   | 1.4   | - | - |
| % de Humedad      |     | 27.9  | 27.4  | - | - |

LIMITE LIQUIDO                      L.L. = 46.52 %  
LIMITE PLASTICO                    L.P. = 27.6 %  
INDICE DE PLASTICIDAD            I.P. = 18.9 %

**GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO**



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE LUIS ARAPA  
Reg. C.O.T. N° 67739  
Jefe de Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

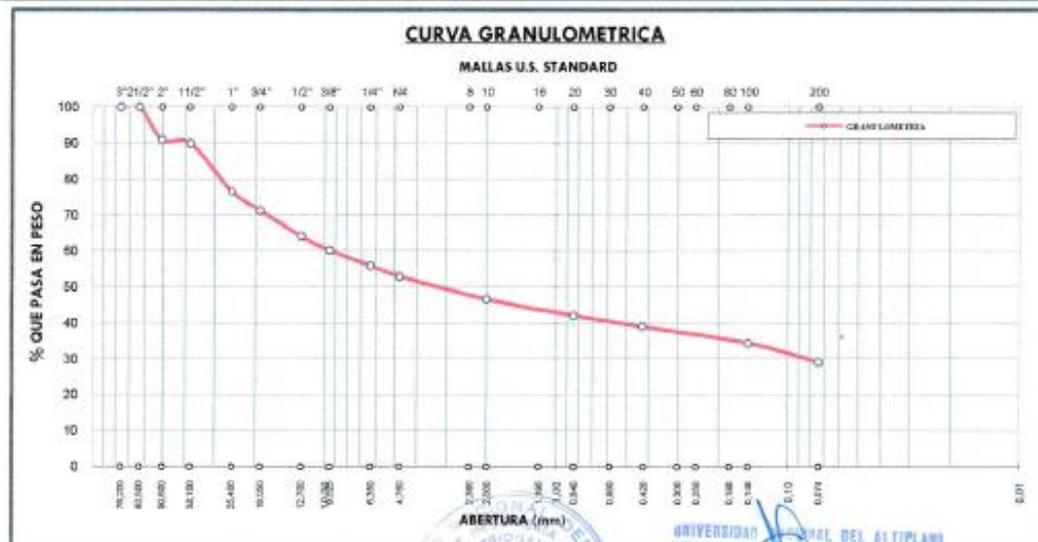


PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D421)**

DATOS DE LA MUESTRA:  
UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALIGATA : C - 2  
PROFUNDIDAD: 0.27m. - 0.47m. ESTRATO: E-2

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00           | 100.00     |                | Peso Inicial : 3748 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               | 343.68        | 9.17           | 9.17           | 90.83      |                | Limite Liquido : 40.1%         |
| 1 1/2"       | 38.100               | 39.43         | 1.05           | 10.22          | 89.78      |                | Limite Plastico : 32.6%        |
| 1"           | 25.400               | 497.47        | 13.27          | 23.49          | 76.51      |                | Indice Plastico : 7.4%         |
| 3/4"         | 19.050               | 200.43        | 5.35           | 28.84          | 71.16      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 266.21        | 7.10           | 35.95          | 64.05      |                | AASHTO : A-2-5 ( 0 )           |
| 3/8"         | 9.525                | 148.60        | 3.96           | 39.91          | 60.09      |                | SUCS : GM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 161.07        | 4.30           | 44.21          | 55.79      |                | % de Grava : 47.19 %           |
| Nº 4         | 4.760                | 111.65        | 2.98           | 47.19          | 52.81      |                | % de Arena : 23.73 %           |
| Nº 6         | 3.360                |               | 0.00           | 47.19          | 52.81      |                | % Pasa Nº 200 : 29.08 %        |
| Nº 8         | 2.380                | 197.12        | 5.26           | 52.45          | 47.55      |                |                                |
| Nº 10        | 2.000                | 40.95         | 1.09           | 53.54          | 46.46      |                |                                |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 53.54          | 46.46      |                |                                |
| Nº 20        | 0.840                | 170.11        | 4.54           | 58.08          | 41.92      |                |                                |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 58.08          | 41.92      |                |                                |
| Nº 40        | 0.426                | 112.22        | 2.99           | 61.07          | 38.93      |                |                                |
| Nº 50        | 0.297                |               | 0.00           | 61.07          | 38.93      |                |                                |
| Nº 80        | 0.177                | 144.82        | 3.86           | 64.93          | 35.07      |                |                                |
| Nº 100       | 0.149                | 29.51         | 0.79           | 65.72          | 34.28      |                |                                |
| Nº 200       | 0.074                | 194.68        | 5.19           | 70.92          | 29.08      |                |                                |
| -200         |                      | 1090.05       | 29.08          | 100.00         | 0.00       |                |                                |



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
Ing. JOSE L. CUYINERAPA  
Reg. CIP. 187739  
Jefe de Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

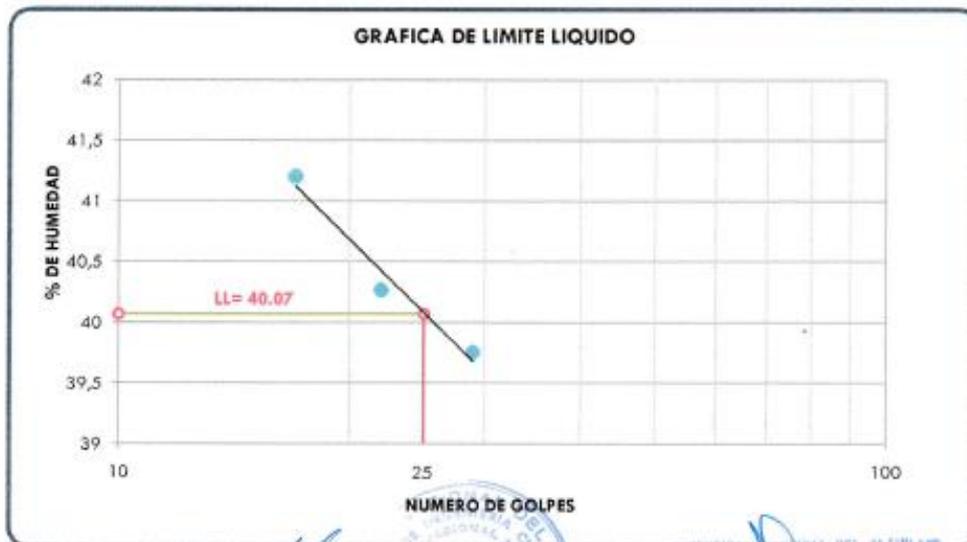
**DATOS DE LA MUESTRA:**

**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C - 2      **ESTRATO:** E-2  
**PROFUNDIDAD:** 0.27m. - 0.47m.

| LIMITE LIQUIDO    |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | N-3   | A-104 | T-39  | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 20.05 | 18.52 | 18.39 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 36.08 | 37.40 | 32.20 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 31.52 | 31.98 | 28.17 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.6   | 5.4   | 4.0   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 11.5  | 13.5  | 9.8   | - |
| % de Humedad      |     | 39.8  | 40.3  | 41.2  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 29    | 22    | 17    | - |

| LIMITE PLASTICO   |     |       |       |   |   |
|-------------------|-----|-------|-------|---|---|
| # Tara            |     | A-38  | T-116 | - | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 10.60 | 10.51 | - | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 12.52 | 13.14 | - | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 12.05 | 12.49 | - | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.5   | 0.7   | - | - |
| Suelo Seco        | gr. | 1.5   | 2.0   | - | - |
| % de Humedad      |     | 32.4  | 32.8  | - | - |

**LIMITE LIQUIDO**      L.L. = 40.07 %  
**LIMITE PLASTICO**      L.P. = 32.6 %  
**INDICE DE PLASTICIDAD**      I.P. = 7.4 %



**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Muro Quiroga  
 TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE L. CUTHA ARAPA  
 Reg. CIP. N° 57735  
 jefe de Laboratorio









UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



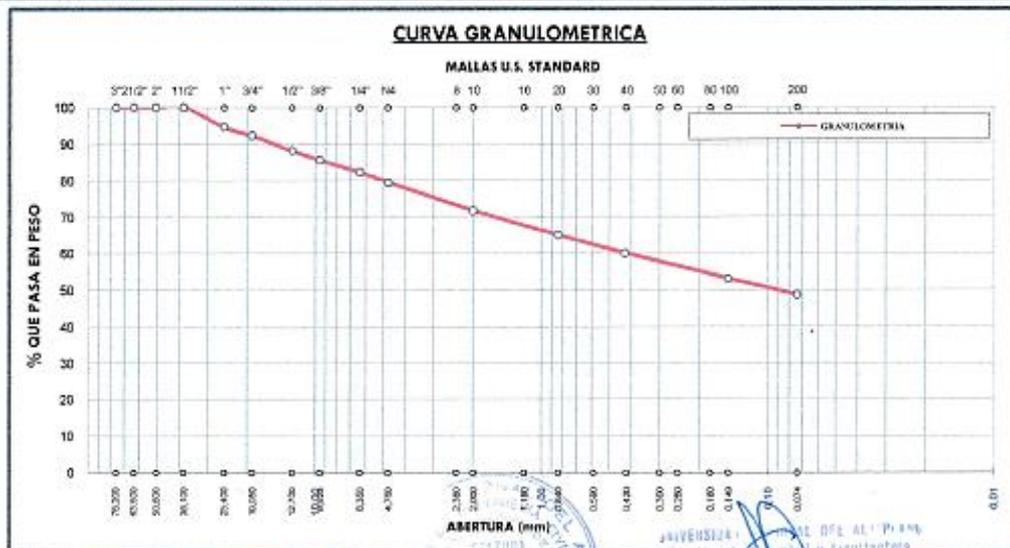
PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D421)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**

UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C - 3  
ESTRATO : E - 1  
PROFUNDIDAD : 0.00m. - 1.10m.

| N° DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00           | 100.00     |                | Peso Inicial : 2289 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | Limite Liquido : 46.5%         |
| 1 1/2"       | 38.100               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | Limite Plastico : 32.4%        |
| 1"           | 25.400               | 123.19        | 5.38           | 5.38           | 94.62      |                | Indice Plastico : 14.1%        |
| 3/4"         | 19.050               | 53.87         | 2.35           | 7.74           | 92.26      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 93.66         | 4.09           | 11.83          | 88.17      |                | AASHTO : A-7-5 (S)             |
| 3/8"         | 9.525                | 59.22         | 2.59           | 14.41          | 85.59      |                | SUCS : SM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 76.99         | 3.36           | 17.78          | 82.22      |                | % de Grava : 20.54 %           |
| N° 4         | 4.760                | 63.17         | 2.76           | 20.54          | 79.46      |                | % de Arena : 30.85 %           |
| N° 6         | 3.360                |               | 0.00           | 20.54          | 79.46      |                | % Pasa N° 200 : 48.61 %        |
| N° 8         | 2.380                | 140.69        | 6.15           | 26.68          | 73.32      |                | Observaciones :                |
| N° 10        | 2.000                | 38.30         | 1.67           | 28.36          | 71.64      |                |                                |
| N° 16        | 1.190                |               | 0.00           | 28.36          | 71.64      |                |                                |
| N° 20        | 0.840                | 153.19        | 6.69           | 35.05          | 64.95      |                |                                |
| N° 30        | 0.590                |               | 0.00           | 35.05          | 64.95      |                |                                |
| N° 40        | 0.426                | 112.72        | 4.92           | 39.97          | 60.03      |                |                                |
| N° 50        | 0.297                |               | 0.00           | 39.97          | 60.03      |                |                                |
| N° 60        | 0.177                | 138.23        | 6.04           | 46.01          | 53.99      |                |                                |
| N° 100       | 0.149                | 20.01         | 0.87           | 46.89          | 53.11      |                |                                |
| N° 200       | 0.074                | 103.13        | 4.51           | 51.39          | 48.61      |                |                                |
| -200         |                      | 1112.63       | 48.61          | 100.00         | 0.00       |                |                                |



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

*Dr. Ing. Carlos A. Mamani Cuzco*  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectónica  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
*Ing. JOSE L. TIPISCRAPA*  
Reg. CIP. 1757739  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C - 3                      ESTRATO: E - 1  
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 1.10m.

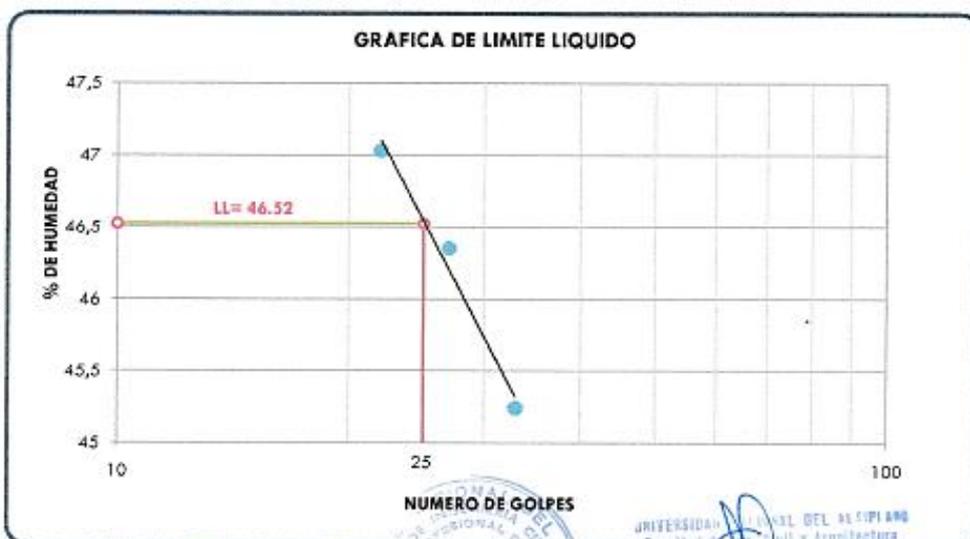
**LIMITE LIQUIDO**

| # Tara                | R-1   | P-1   | P-5   | - |
|-----------------------|-------|-------|-------|---|
| Peso de la Tara gr.   | 19.49 | 17.77 | 25.52 | - |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 34.61 | 34.22 | 38.15 | - |
| T. + Suelo Seco gr.   | 29.90 | 29.01 | 34.11 | - |
| Peso del Agua gr.     | 4.7   | 5.2   | 4.0   | - |
| Suelo Seco gr.        | 10.4  | 11.2  | 8.6   | - |
| % de Humedad          | 45.2  | 46.4  | 47.0  | - |
| Nro. De Golpes        | 33    | 27    | 22    | - |

**LIMITE PLASTICO**

| # Tara                | 2-5   | A-1   | - | - |
|-----------------------|-------|-------|---|---|
| Peso de la Tara gr.   | 21.99 | 22.06 | - | - |
| T. + Suelo Húmedo gr. | 24.15 | 23.99 | - | - |
| T. + Suelo Seco gr.   | 23.63 | 23.51 | - | - |
| Peso del Agua gr.     | 0.5   | 0.5   | - | - |
| Suelo Seco gr.        | 1.6   | 1.5   | - | - |
| % de Humedad          | 31.7  | 33.1  | - | - |

LIMITE LIQUIDO                      L.L. = 46.52 %  
LIMITE PLASTICO                    L.P. = 32.4 %  
INDICE DE PLASTICIDAD            I.P. = 14.1 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.

Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cuzco  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. MARRAPA  
Reg. Exp. N° 67733  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO** : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO** : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA** : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA** : 21 DE JUNIO DE 2017

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN:** ALTO PUNO  
**CALICATA:** C - 3 **ESTRATO:** E - 2  
**PROFUNDIDAD:** 1.10 m. - 1.45 m.

| Nro De Tara               | A-12   | PRX-2  | T-91   |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Peso de Tara              | 17.36  | 15.26  | 35.46  |
| Peso de Tara + M. Humeda  | 161.8  | 131.08 | 164.89 |
| Peso de Tara + M. Seca    | 124.55 | 101.8  | 133.24 |
| Peso de Agua              | 37.25  | 29.28  | 31.65  |
| Peso Muestra Seca         | 107.19 | 86.54  | 97.78  |
| Contenido de humedad W%   | 34.8 % | 33.8 % | 32.4 % |
| Promedio cont. Humedad W% | 33.7 % |        |        |

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

*Carlos A. Mamani Cutipo*  
 Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipo  
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



*Jose L. Arapa*  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
 Ing. JOSE L. ARAPA  
 Reg. C.O.P. N° 57739  
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FIGA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D421)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C - 3  
**PROFUNDIDAD:** 1.10 m - 1.45 m  
**ESTRATO:** E - 2

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00           | 100.00     |                | Peso Inicial : 2642 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | Limite Liquido : 52.7%         |
| 1 1/2"       | 38.100               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | Limite Plastico : 36.3%        |
| 1"           | 25.400               | 283.59        | 10.73          | 10.73          | 89.27      |                | Indice Plastico : 16.3%        |
| 3/4"         | 19.050               | 150.52        | 5.70           | 16.43          | 83.57      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 233.49        | 8.84           | 25.27          | 74.73      |                | AASHTO : A-2-7 (1)             |
| 3/8"         | 9.525                | 140.05        | 5.30           | 30.57          | 69.43      |                | SUCS : GM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 154.36        | 5.84           | 36.41          | 63.59      |                | % de Grava : 38.98%            |
| Nº 4         | 4.750                | 67.88         | 2.57           | 38.98          | 61.02      |                | % de Arena : 26.62%            |
| Nº 6         | 3.350                |               | 0.00           | 38.98          | 61.02      |                | % Pasa Nº 200 : 34.39%         |
| Nº 8         | 2.380                | 143.92        | 5.45           | 44.43          | 55.57      |                |                                |
| Nº 10        | 2.000                | 35.64         | 1.35           | 45.78          | 54.22      |                |                                |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 45.78          | 54.22      |                |                                |
| Nº 20        | 0.840                | 165.15        | 6.25           | 52.03          | 47.97      |                |                                |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 52.03          | 47.97      |                |                                |
| Nº 40        | 0.426                | 126.29        | 4.78           | 56.81          | 43.19      |                |                                |
| Nº 50        | 0.297                |               | 0.00           | 56.81          | 43.19      |                |                                |
| Nº 80        | 0.177                | 131.03        | 4.96           | 61.77          | 38.23      |                |                                |
| Nº 100       | 0.149                | 21.93         | 0.83           | 62.60          | 37.40      |                |                                |
| Nº 200       | 0.074                | 79.47         | 3.01           | 65.61          | 34.39      |                |                                |
| -200         |                      | 908.68        | 34.39          | 100.00         | 0.00       |                |                                |



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ing. Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE LUIS ARAPA  
Reg. CIP. Nº 87739  
Jefe de Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
**(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALICATA :** C - 3 **ESTRATO:** E - 2  
**PROFUNDIDAD:** 1.10 m. - 1.45 m.

| LIMITE LIQUIDO    |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | PÚ-4  | M-6   | A-30  | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 19.30 | 15.57 | 17.82 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 33.29 | 28.05 | 31.54 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 28.53 | 23.72 | 26.72 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.8   | 4.3   | 4.8   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 9.2   | 8.2   | 8.9   | - |
| % de Humedad      |     | 51.6  | 53.1  | 54.2  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 30    | 24    | 18    | - |

| LÍMITE PLÁSTICO   |     |       |       |       |   |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | P0-1  | T-4   | P-4   | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 13.04 | 13.48 | 13.71 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 14.82 | 15.22 | 15.78 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 14.34 | 14.76 | 15.23 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.5   | 0.5   | 0.5   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 1.3   | 1.3   | 1.5   | - |
| % de Humedad      |     | 36.9  | 35.9  | 36.2  | - |

**LIMITE LIQUIDO** L.L. = 52.69 %  
**LIMITE PLASTICO** L.P. = 36.3 %  
**INDICE DE PLASTICIDAD** I.P. = 16.3 %



**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

*Boch. Ing. Carlos A. Mamani Cutipo*  
 TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS



Universidad Nacional del Altiplano  
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

*Ing. JOSE LUIS ARAPA*  
 Reg. C.O.T. N° 67789  
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**PROYECTO :** COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**SOLICITADO :** ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
**REFERENCIA :** CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**FECHA :** 21 DE JUNIO DE 2017

**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
**UBICACIÓN :** ALTO PUNO  
**CALIGATA :** C-3 **ESTRATO :** E - 3  
**PROFUNDIDAD:** 1.45m. - 2.20m.

| Nro De Tara               | A-10   | B-11   | H-2    |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Peso de Tara              | 30.9   | 34.91  | 33.08  |
| Peso de Tara + M. Humeda  | 143.15 | 174.23 | 174.46 |
| Peso de Tara + M. Seca    | 114.37 | 138.79 | 137.21 |
| Peso de Agua              | 28.78  | 35.44  | 37.25  |
| Peso Muestra Seca         | 83.47  | 103.88 | 104.13 |
| Contenido de humedad W%   | 34.5 % | 34.1 % | 35.8 % |
| Promedio cont. Humedad W% | 34.8 % |        |        |

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ing. Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
Ing. JOSE L. CUTIPA ARAPA  
Reg. CIP N° 67735  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



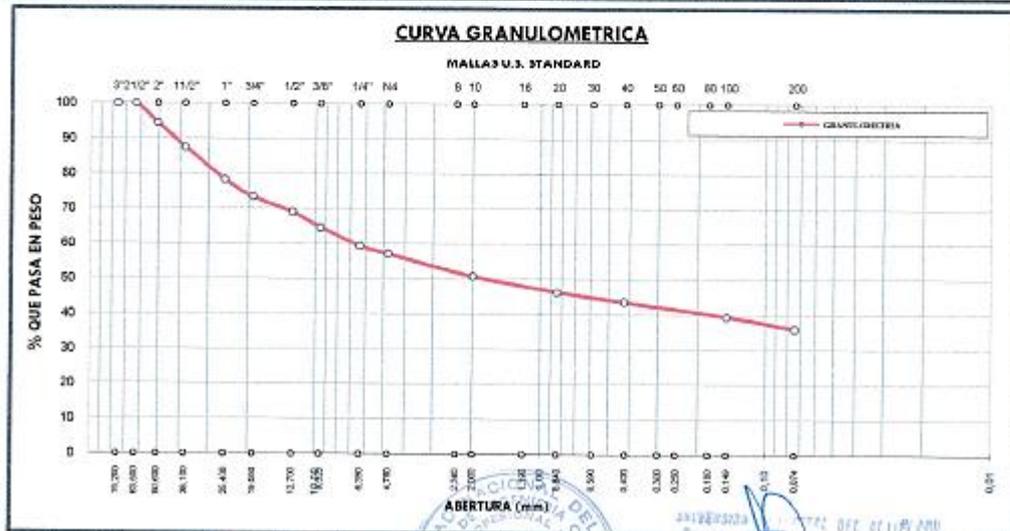
PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D421)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C-3  
PROFUNDIDAD : 1.45m. - 2.20m.  
ESTRATO: E-3

| Nº DE MALLAS | ABERT. DE MALL. (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMUL. | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA      |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|
| 3"           | 76.200               |               |                | 0.00           | 100.00     |                | Peso Inicial : 3345 gr         |
| 2 1/2"       | 63.500               |               | 0.00           | 0.00           | 100.00     |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 2"           | 50.800               | 185.93        | 5.56           | 5.56           | 94.44      |                | Limite Liquido : 41.7%         |
| 1 1/2"       | 38.100               | 236.00        | 7.06           | 12.61          | 87.39      |                | Limite Plastico : 26.9%        |
| 1"           | 25.400               | 308.41        | 9.22           | 21.83          | 78.17      |                | Indice Plastico : 14.7%        |
| 3/4"         | 19.050               | 161.93        | 4.84           | 26.67          | 73.33      |                | <b>CLASIFICACION DEL SUELO</b> |
| 1/2"         | 12.700               | 146.19        | 4.37           | 31.05          | 68.95      |                | AASHTO : A-7-6 (1)             |
| 3/8"         | 9.525                | 146.07        | 4.37           | 35.41          | 64.59      |                | SUCS : GM                      |
| 1/4"         | 6.350                | 176.48        | 5.28           | 40.69          | 59.31      |                | % de Grava : 42.91 %           |
| Nº 4         | 4.760                | 74.23         | 2.22           | 42.91          | 57.09      |                | % de Arena : 21.28 %           |
| Nº 6         | 3.360                |               | 0.00           | 42.91          | 57.09      |                | % Pasa Nº 200 : 35.81 %        |
| Nº 8         | 2.380                | 176.12        | 5.27           | 48.17          | 51.83      |                |                                |
| Nº 10        | 2.000                | 38.13         | 1.14           | 49.31          | 50.69      |                |                                |
| Nº 16        | 1.190                |               | 0.00           | 49.31          | 50.69      |                |                                |
| Nº 20        | 0.840                | 147.07        | 4.40           | 53.71          | 46.29      |                |                                |
| Nº 30        | 0.590                |               | 0.00           | 53.71          | 46.29      |                |                                |
| Nº 40        | 0.426                | 94.27         | 2.82           | 56.53          | 43.47      |                |                                |
| Nº 50        | 0.297                |               | 0.00           | 56.53          | 43.47      |                |                                |
| Nº 80        | 0.177                | 114.66        | 3.43           | 59.95          | 40.05      |                |                                |
| Nº 100       | 0.149                | 23.20         | 0.69           | 60.65          | 39.35      |                |                                |
| Nº 200       | 0.074                | 118.48        | 3.54           | 64.19          | 35.81      |                |                                |
| -200         |                      | 1197.83       | 35.81          | 100.00         | 0.00       |                | Observaciones :                |



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Posada C. S. J.  
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE LEONARDO KRAPA  
Reg. C.I. 67739  
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)  
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

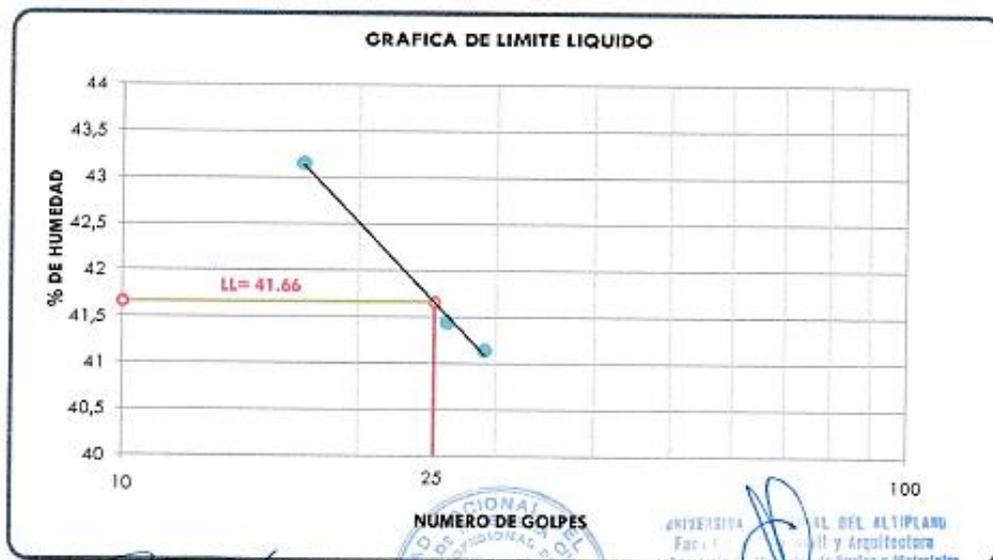
**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA:  
UBICACIÓN : ALTO PUNO  
CALICATA : C-3                      ESTRATO: E - 3  
PROFUNDIDAD: 1.45m. - 2.20m.

|                   |     | LIMITE LIQUIDO |       |       |   |
|-------------------|-----|----------------|-------|-------|---|
| # Tara            |     | P-6            | PRX-2 | A-27  | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 17.62          | 15.26 | 17.13 | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 33.95          | 31.30 | 32.39 | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 29.19          | 26.60 | 27.79 | - |
| Peso del Agua     | gr. | 4.8            | 4.7   | 4.6   | - |
| Suelo Seco        | gr. | 11.6           | 11.3  | 10.7  | - |
| % de Humedad      |     | 41.1           | 41.4  | 43.2  | - |
| Nro. De Golpes    |     | 29             | 26    | 17    | - |

|                   |     | LIMITE PLASTICO |       |   |   |
|-------------------|-----|-----------------|-------|---|---|
| # Tara            |     | A-37            | T-16  |   | - |
| Peso de la Tara   | gr. | 13.43           | 9.99  | - | - |
| T. + Suelo Húmedo | gr. | 16.31           | 12.19 | - | - |
| T. + Suelo Seco   | gr. | 15.69           | 11.73 | - | - |
| Peso del Agua     | gr. | 0.6             | 0.5   | - | - |
| Suelo Seco        | gr. | 2.3             | 1.7   | - | - |
| % de Humedad      |     | 27.4            | 26.4  | - | - |

LIMITE LIQUIDO                      LL = 41.66 %  
LIMITE PLASTICO                    LP = 26.9 %  
INDICE DE PLASTICIDAD            IP = 14.7 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.  
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bochi, Ing. C.                      TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales  
**Ing. JOSE LUTIZARAPA**  
Reg. C.O.P. 57739  
Jefe de Laboratorio





|           |   |
|-----------|---|
| PROYECTO  | : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO                             |
| SOLICITA  | : Bach. Lady Mirella Flores Pacho y Bach. Paola Liliana Medina Bustamante |
| CALICATA  | : C-01  |
| UBICACIÓN | : CCPP. Alto Puno - DISTRITO: Puno - PROVINCIA: Puno- DEPARTAMENTO: Puno  |
|           | FECHA: 28 JUNIO 2017  |

|   |                                   |            |
|---|-----------------------------------|------------|
| <b>ENSAYO:</b><br><br><b>DENSIDADES MAXIMAS Y MINIMAS</b><br><br>NORMA: ASTM D 2424 / ASTM 4254 | Nro de Estrato                    | : E-02     |
|   | Prof. de la Muestra               | : 2.00 m   |
|   | Estado de la Muestra              | : Alterado |
|   | Tamaño Max. Nominal de Particulas | : 1"       |

| DETERMINACION DE LA DENSIDAD MINIMA |              |              |              |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCION                         | ESPECIMEN 01 | ESPECIMEN 02 | ESPECIMEN 03 |
| Altura de molde (cm)                | 11.623       | 11.623       | 11.623       |
| Diámetro de molde (cm)              | 10.145       | 10.145       | 10.145       |
| Volumen de Molde (cm³)              | 939.53       | 939.53       | 939.53       |
| Peso de Molde (cm³)                 | 4007.00      | 4011.00      | 4011.00      |
| Peso de Molde + Muestra (gr)        | 5438.00      | 5410.00      | 5451.00      |
| Peso de Muestra                     | 1431.00      | 1399.00      | 1440.00      |
| Densidad Mínima Parcial (gr/cm3)    | 1.52         | 1.49         | 1.53         |
| Densidad Mínima Promedio (gr/cm3)   | 1.51 gr/cm3  |              |              |

| DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA |              |              |              |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| DESCRIPCION                         | ESPECIMEN 01 | ESPECIMEN 02 | ESPECIMEN 03 |
| Altura de molde (cm)                | 11.623       | 11.623       | 11.623       |
| Diámetro de molde (cm)              | 10.145       | 10.145       | 10.145       |
| Volumen de Molde (cm³)              | 939.53       | 939.53       | 939.53       |
| Peso de Molde (cm³)                 | 4007.00      | 4011.00      | 4011.00      |
| Peso de Molde + Muestra (gr)        | 5482.00      | 5444.00      | 5458.00      |
| Peso de Muestra                     | 1475.00      | 1433.00      | 1447.00      |
| Densidad Máxima Parcial (gr/cm3)    | 1.57         | 1.53         | 1.54         |
| Densidad Máxima Promedio (gr/cm3)   | 1.55 gr/cm3  |              |              |

| DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA |             | ANGULO DE FRICCION                           |
|---------------------------------------|-------------|--|
| Densidad Insitu (gr/cm3)              | 1.53 gr/cm3 | Según Meyerhof (1956)<br><br>φsumido : 32.57 |
| Densidad Seca Mínima (gr/cm3)         | 1.51 gr/cm3 |  |
| Densidad Seca Máxima (gr/cm3)         | 1.55 gr/cm3 |  |
| Densidad Relativa (%)                 | 50.44%      |  |

| NOTA: PARA EL ANGULO DE FRICCION EN FUNCION AL PORCENTAJE DE FINOS |                                  |
|--|----------------------------------|
| Arenas con > 5% de suelos finos                                    | Arenas con < 5% de suelos finos  |
| $\phi = 25^\circ + 0.15 Dr (\%)$                                   | $\phi = 30^\circ + 0.15 Dr (\%)$ |

Rogel Baiardo Machaca Huanca  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 101612



**ANEXO 5:**

**PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



PERFIL DE SUELO

**PROYECTO** : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**REFERENCIA** : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**PERFORACIÓN** : C-1(CALICATA)  
**NIVEL FREÁTICO** : NO SE ENCONTRÓ  
**TAMAÑO DE EXCAV.** : 2.00 m

| PROFUNDIDAD (m) | CLASIFICACIÓN |                    |         | DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL  | TIPO | N° | PROF (m)  |
|-----------------|---------------|--------------------|---------|---|------|----|-----------|
|                 | ESTRATO       | CLASIFICACIÓN SUCS | GRÁFICO |   |      |    |           |
| 0.0             | 1             | SM                 |         | Suelo de naturaleza arena limosa, de color grisáceo, semihumedo, con presencia de roca intemperizada  | Mab  | 1  | 0.00-0.60 |
| 0.2             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.6             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.8             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.0             | 2             | GM                 |         | Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón rojizo, humedo, con presencia de roca intemperizada | Mab  | 2  | 0.60-2.00 |
| 1.2             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.6             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.8             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 2.0             |               |                    |         |   |      |    |           |

**Observaciones:**

MAB: Muestra alterada en bolsa  
 MIB: Muestra inalterada en bloques  
 MIT: Muestra inalterada en tubos de pared delgada





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



**PERFIL DE SUELO**

**PROYECTO** : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**REFERENCIA** : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**PERFORACIÓN** : C-2 (CALICATA)  
**NIVEL FREÁTICO** : NO SE ENCONTRÓ  
**TAMAÑO DE EXCAV.** : 1.50 m

| PROFUNDIDAD (m) | CLASIFICACIÓN |                    |         | DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL  | TIPO | N° | PROF (m)  |
|-----------------|---------------|--------------------|---------|---|------|----|-----------|
|                 | ESTRATO       | CLASIFICACIÓN SUCS | GRÁFICO |   |      |    |           |
| 0.0             | 1             | GM                 |         | Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón oscuro, semihumedo  | Mab  | 2  | 0.00-0.47 |
| 0.2             |               |                    |         | Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón grisáceo, humedo, con presencia de roca intemperizada y bolonería | Mab  | 1  | 0.47-1.50 |
| 0.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.6             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.8             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.0             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.2             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.5             |               |                    |         |   |      |    |           |

**Observaciones:**  
 MAB: Muestra alterada en bolsa  
 MIB: Muestra inalterada en bloques  
 MIT: Muestra inalterada en tubos de pared delgada





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



PERFIL DE SUELO

**PROTECTO** : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO  
**REFERENCIA** : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO  
**PERFORACIÓN** : C-3 (CALICATA)  
**NIVEL FREÁTICO** : NO SE ENCONTRÓ  
**TAMAÑO DE EXCAV.** : 2.20m

| PROFUNDIDAD (m) | CLASIFICACIÓN |                    |         | DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL  | TIPO | N° | PROF (m)  |
|-----------------|---------------|--------------------|---------|---|------|----|-----------|
|                 | ESTRATO       | CLASIFICACIÓN SUCS | GRÁFICO |   |      |    |           |
| 0.0             | 1             | SM                 |         | Suela de naturaleza arena limosa, de color marrón, semihumeda.                                  | Mab  | 1  | 0.00-1.10 |
| 0.2             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.6             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 0.8             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.0             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.1             | 2             | GM                 |         | Suela de naturaleza grava limosa, de color marrón grisáceo.                                     | Mab  | 1  | 1.10-1.45 |
| 1.2             |               |                    |         | Suela de naturaleza grava limosa, de color marrón, húmeda, con presencia de raca intemperizada. | Mab  | 1  | 1.45-2.00 |
| 1.4             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.6             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 1.8             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 2.0             |               |                    |         |   |      |    |           |
| 2.2             |               |                    |         |   |      |    |           |

**Observaciones:**  
 MAB: Muestra alterada en balra  
 MIB: Muestra inalterada en blaquer  
 MIT: Muestra inalterada en tubar de pared delgada



**ANEXO 6:**

**LISTADO DE PARTIDAS DE ESTRUCTURAS DEL  
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO.**

Tabla 40: Listado de partidas de estructuras del templo Niño Salvador del Mundo

| CODIGO            | DENOMINACION Y/O DESCRIPCION   | UND            |
|-------------------|--|----------------|
| 02.01.00          | ESTRUCTURAS  |                |
| 02.01.01          | MOVIMIENTO DE TIERRAS  |                |
| 02.01.01.01       | EXCAVACIONES SIMPLES   |                |
| 02.01.01.01.01    | EXCAVACIÓN MANUAL PARA CIMIENTOS CORRIDOS                              | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.01.02    | EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS AISLADAS                                | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.01.03    | EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS COMBINADAS                              | M <sup>4</sup> |
| 02.01.01.02       | CORTES   |                |
| 02.01.01.02.01    | CORTE DE TERRENO PARA FALSO PISO                                       | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.03       | RELLENOS   |                |
| 02.01.01.03.01    | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA CIMIENTOS CORRIDOS         | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.03.02    | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA ZAPATAS AISLADAS           | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.03.03    | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA ZAPATAS COMBINADAS         | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.03.04    | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA FALSO PISO                 | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.04       | NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO  |                |
| 02.01.01.01.04.01 | NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO  | M <sup>2</sup> |
| 02.01.01.05       | ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE                                      |                |
| 02.01.01.05.01    | ACARREO DE MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACIONES, D=30m                 | M <sup>3</sup> |
| 02.01.01.05.02    | CARGIO Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIONES | M <sup>3</sup> |
| 02.01.02          | OBRAS DE CONCRETO SIMPLE   |                |
| 02.01.02.01       | CIMIENTOS CORRIDOS   |                |
| 02.01.02.01.01    | CIMIENTOS CORRIDOS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 30% P.G.                  | M <sup>3</sup> |
| 02.01.02.01.02    | CIMIENTOS CORRIDOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                           | M <sup>2</sup> |
| 02.01.02.02       | SOLADOS  |                |
| 02.01.02.02.01    | SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" F'C=100 KG/CM <sup>2</sup>           | M <sup>2</sup> |
| 02.01.02.02.02    | SOLADO PARA ZAPATAS COMBINADAS E=4" F'C=100 KG/CM <sup>2</sup>         | M <sup>2</sup> |
| 02.01.02.03       | SOBRECIMENTOS  |                |
| 02.01.02.03.01    | SOBRECIMENTOS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 25% P.M.                       | M <sup>3</sup> |
| 02.01.02.03.02    | SOBRECIMENTOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                | M <sup>2</sup> |
| 02.01.02.04       | FALSO PISO   |                |
| 02.01.02.04.01    | FALSO PISO DE 4" CONCRETO F'c=210kg/cm <sup>2</sup>                    | M <sup>2</sup> |
| 02.01.02.05       | RAMPAS   |                |
| 02.01.02.05.01    | RAMPAS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 30% P.G.                              | M <sup>3</sup> |
| 02.01.02.05.02    | RAMPAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                       | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03          | OBRAS DE CONCRETO ARMADO   |                |
| 02.01.03.01       | ZAPATAS AISLADAS   |                |
| 02.01.03.01.01    | ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                  | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.01.02    | ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                             | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.01.03    | ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>            | KG             |
| 02.01.03.02       | ZAPATAS COMBINADAS   |                |

| CODIGO<br>(...continuación) | DENOMINACION Y/O DESCRIPCION                                    | UND            |
|-----------------------------|---|----------------|
| 02.01.03.02.01              | ZAPATAS COMBINADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>         | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.02.02              | ZAPATAS COMBINADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                    | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.02.03              | ZAPATAS COMBINADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>   | KG             |
| 02.01.03.03                 | VIGAS DE CIMENTACIÓN  |                |
| 02.01.03.03.01              | VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>       | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.03.02              | VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                  | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.03.03              | VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup> | KG             |
| 02.01.03.04                 | COLUMNAS  |                |
| 02.01.03.04.01              | COLUMNAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                   | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.04.02              | COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                              | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.04.03              | COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>             | KG             |
| 02.01.03.05                 | MÉNSULAS  |                |
| 02.01.03.05.01              | MÉNSULAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                   | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.05.02              | MÉNSULAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                              | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.05.03              | MÉNSULAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>             | KG             |
| 02.01.03.06                 | PLACAS  |                |
| 02.01.03.06.01              | PLACAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                     | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.06.02              | PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.06.03              | PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>               | KG             |
| 02.01.03.07                 | COLUMNETAS  |                |
| 02.01.03.07.01              | COLUMNETAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                 | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.07.02              | COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                            | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.07.03              | COLUMNETAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>           | KG             |
| 02.01.03.08                 | VIGAS   |                |
| 02.01.03.08.01              | VIGAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM <sup>2</sup>                     | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.08.02              | VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                 | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.08.03              | VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>                | KG             |
| 02.01.03.09                 | DINTELES  |                |
| 02.01.03.09.01              | DINTELES: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                   | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.09.02              | DINTELES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                              | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.09.03              | DINTELES: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>             | KG             |
| 02.01.03.10                 | LOSAS ALIGERADAS  |                |
| 02.01.03.10.01              | LOSAS ALIGERADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>           | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.10.02              | LOSAS ALIGERADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                      | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.10.03              | LOSAS ALIGERADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>     | KG             |
| 02.01.03.10.04              | LOSAS ALIGERADAS: LADRILLO TUBULAR 30 X 30 X 15                 | UND            |
| 02.01.03.11                 | ESCALERAS   |                |
| 02.01.03.11.01              | ESCALERAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                  | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.11.02              | ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                             | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.11.03              | ESCALERAS: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup>           | KG             |
| 02.01.03.12                 | BANCA PERIMETRAL  |                |
| 02.01.03.12.01              | BANCA PERIMETRAL: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>           | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.12.02              | BANCA PERIMETRAL: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                      | M <sup>2</sup> |

| CODIGO<br>(...continuación) | DENOMINACION Y/O DESCRIPCION                                   | UND            |
|-----------------------------|--|----------------|
| 02.01.03.12.03              | BANCA PERIMETRAL: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup>   | KG             |
| 02.01.03.13                 | BASES DE ALTARES   |                |
| 02.01.03.13.01              | BASE DE ALTARES: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>           | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.13.02              | BASE DE ALTARES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                      | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.13.03              | BASE DE ALTARES: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup>    | KG             |
| 02.01.03.14                 | MESAS Y LAVATORIOS   |                |
| 02.01.03.14.01              | MESAS Y LAVATORIOS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>        | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.14.02              | MESAS Y LAVATORIOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                   | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.14.03              | MESAS Y LAVATORIOS: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm <sup>2</sup> | KG             |
| 02.01.03.15                 | ESTRUCTURAS DE INSTALACIONES SANITARIAS                        |                |
| 02.01.03.15.01              | CANALETAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>                 | M <sup>3</sup> |
| 02.01.03.15.02              | CANALETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                            | M <sup>2</sup> |
| 02.01.03.15.03              | CANALETAS: ACERO FY=4200 KG/CM <sup>2</sup>                    | KG             |
| 02.01.04                    | ESTRUCTURAS METÁLICAS  |                |
| 02.01.04.01                 | ARMADURAS METÁLICAS  |                |
| 02.01.04.01.01              | ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)                       |                |
| 02.01.04.01.01.01           | ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                   | ML             |
| 02.01.04.01.01.02           | ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                  | ML             |
| 02.01.04.01.02              | ARMADURA AM-CE-02  |                |
| 02.01.04.01.02.01           | ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                   | ML             |
| 02.01.04.01.02.02           | ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"                  | ML             |
| 02.01.04.01.03              | ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)                        |                |
| 02.01.04.01.03.01           | ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                   | ML             |
| 02.01.04.01.04              | ARMADURA AM-CI-01  |                |
| 02.01.04.01.04.01           | ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"                | ML             |
| 02.01.04.01.04.02           | ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/8"                | ML             |
| 02.01.04.01.05              | ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)                       |                |
| 02.01.04.01.05.01           | ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 1/4"                | ML             |
| 02.01.04.01.05.02           | ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 3/16"               | ML             |
| 02.01.04.01.06              | ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)                          |                |
| 02.01.04.01.06.01           | ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2" x 2" x 1/4"                      | ML             |
| 02.01.04.01.06.02           | ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"                | ML             |
| 02.01.04.02                 | CERCHAS DE CERRAMIENTO   |                |
| 02.01.04.02.01              | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01                                  |                |
| 02.01.04.02.01.01           | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"       | ML             |
| 02.01.04.02.01.02           | CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                  | ML             |
| 02.01.04.02.01.03           | ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                   | ML             |
| 02.01.04.02.01.04           | ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"                   | ML             |
| 02.01.04.02.02              | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02                                  |                |
| 02.01.04.02.02.01           | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"       | ML             |
| 02.01.04.02.02.02           | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x21/2"x3/8"      | ML             |
| 02.01.04.02.03              | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01                                  |                |
| 02.01.04.02.03.01           | CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"             | ML             |

| CODIGO<br>(...continuación) | DENOMINACION Y/O DESCRIPCION   | UND            |
|-----------------------------|--|----------------|
| 02.01.04.03.01              | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A   |                |
| 02.01.04.03.01.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"                             | ML             |
| 02.01.04.03.01.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"                       | ML             |
| 02.01.04.03.02              | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'  |                |
| 02.01.04.03.02.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 2"X2"X3/16"                            | ML             |
| 02.01.04.03.02.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"                      | ML             |
| 02.01.04.03.03              | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B   |                |
| 02.01.04.03.03.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"                             | ML             |
| 02.01.04.03.03.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"                       | ML             |
| 02.01.04.03.04              | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'  |                |
| 02.01.04.03.04.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 2"X2"X3/16"                            | ML             |
| 02.01.04.03.04.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"                      | ML             |
| 02.01.04.03.05              | CERCHA METÁLICA CM-CI-02   |                |
| 02.01.04.03.05.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"                               | ML             |
| 02.01.04.03.05.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"                         | ML             |
| 02.01.04.03.06              | CERCHA METÁLICA CM-CI-03   |                |
| 02.01.04.03.06.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"                           | ML             |
| 02.01.04.03.06.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"                          | ML             |
| 02.01.04.03.07              | CERCHA METÁLICA CM-CI-04   |                |
| 02.01.04.03.07.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"                           | ML             |
| 02.01.04.03.07.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"                          | ML             |
| 02.01.04.03.08              | CERCHA METÁLICA CM-CI-05   |                |
| 02.01.04.03.08.01           | CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"                           | ML             |
| 02.01.04.03.08.02           | CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"                          | ML             |
| 02.01.04.04                 | ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA   |                |
| 02.01.04.04.01              | LINTERNA:TUBO LAC 100X100 mm   | ML             |
| 02.01.04.04.02              | LINTERNA:TUBO LAC 50X50 mm   | ML             |
| 02.01.04.04.03              | LINTERNA:Placa base e=3/4"   | M <sup>2</sup> |
| 02.01.04.05                 | MONTAJE DE ARMADURAS METÁLICAS   | TON            |
| 02.01.04.06                 | MONTAJE DE CERCHAS DE CERRAMIENTO  | TON            |
| 02.01.04.07                 | MONTAJE CERCHAS METÁLICAS  | TON            |
| 02.01.04.08                 | MONTAJE ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA                                       | TON            |
| 02.01.04.09                 | PINTURA PARA ARMADURAS METÁLICAS   | TON            |
| 02.01.04.10                 | PINTURA PARA CERCHAS DE CERRAMIENTO  | TON            |
| 02.01.04.11                 | PINTURA PARA CERCHAS METÁLICAS   | TON            |
| 02.01.04.12                 | PINTURA PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA                                  | TON            |
| 02.01.04.13                 | TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METALÍCA                                     |                |
| 02.01.04.13.01              | TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8X11/2"                 | ML             |
| 02.01.04.13.02              | TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8X11/2"                 | ML             |
| 02.01.04.14                 | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO                                |                |
| 02.01.04.14.01              | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01:<br>PLATINAS1/8"X11/2" | ML             |
| 02.01.04.14.02              | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02:<br>PLATINAS1/8"X11/2" | ML             |
| 02.01.04.14.03              | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01:<br>PLATINAS1/8"X11/2" | ML             |

| <b>CODIGO<br/>(...continuación)</b> | <b>DENOMINACION Y/O DESCRIPCION</b>                                   | <b>UND</b> |
|-------------------------------------|---|------------|
| 02.01.04.15                         | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS                              |            |
| 02.01.04.15.01                      | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03:PLATINAS 1/8"X11/2" | ML         |
| 02.01.04.15.02                      | TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04:PLATINAS 1/8"X11/2" | ML         |
| 02.01.04.16                         | PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METALÍCA                 | TON        |
| 02.01.04.17                         | PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO            | TON        |
| 02.01.04.18                         | PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS                 | TON        |
| 02.01.04.19                         | APOYO ARTICULADO PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS                           |            |
| 02.01.04.19.01                      | APOYO TIPO A  | UND        |
| 02.01.04.19.02                      | APOYO TIPO B  | UND        |
| 02.01.04.19.03                      | APOYO TIPO C  | UND        |
| 02.01.04.19.04                      | APOYO TIPO D  | UND        |
| 02.01.04.19.05                      | APOYO TIPO E  | UND        |
| 02.01.04.19.06                      | APOYO TIPO F  | UND        |
| 02.01.04.19.07                      | APOYO TIPO G  | UND        |
| 02.01.04.19.08                      | APOYO TIPO H  | UND        |
| 02.01.05                            | VARIOS  |            |
| 02.01.05.01                         | JUNTAS DE AISLAMIENTO   | ML         |
| 02.01.05.02                         | PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD   | UND        |

*Fuente: Propia*

**ANEXO 7:**

**CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL  
ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, aprobado mediante  
R.R. N° 0564-2016-R-UNA.**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO RECTORADO

### CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

Conste por el presente documento el convenio marco de cooperación interinstitucional que celebran de una parte:

El Obispado de Puno, con RUC N° 29219952822, con domicilio legal en Jr. Conde de Lemus N° 226, Barrio Central de la ciudad de Puno, provincia y departamento de Puno, representado por el Obispo de Puno Monseñor JORGE PEDRO CARRIÓN PAVLICH, identificado con DNI N° 21065086, a quien en adelante se denominará "EL OBISPADO".

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, con RUC N° 20145496170, con domicilio legal en Av. El Ejército N° 329, Barrio Santa Rosa (Edificio de la UNA - Puno), ciudad de Puno, provincia y departamento de Puno, representada por su Rector Dr. PORFIRIO ENRÍQUEZ SALAS, identificado con DNI N° 01210746, a quien en adelante se denominará "LA UNIVERSIDAD".

#### CLAUSULA PRIMERA: DE LAS PARTES

El Obispado de Puno, Es una "porción del pueblo de Dios, cuyo cuidado pastoral se encomienda al Obispo", goza de personería jurídica de carácter público, conforme al Acuerdo Internacional entre la Santa Sede y la República del Perú, reconocida por la Constitución de la República del Perú (Art° 50). "Dentro de un régimen de independencia y autonomía, el estado reconoce a la Iglesia Católica como elemento importante en la formación histórica, cultural y moral del Perú y le presta su colaboración", por lo que "goza de plena independencia y autonomía" y "capacidad y libertad para la adquisición y disposición de bienes, así como para recibir ayudas del exterior" (Acuerdo Internacional entre la Santa Sede y la República del Perú D.L. N° 23211: Art.1. 2 y 3).

La misión religiosa es un proyecto de la iglesia católica que tiene la tarea específica de presentar las iglesias para orar y enseñar de esta denominación religiosa a aquellos que aún no lo conocen y fundar su iglesia donde todavía no se ha asentado territorialmente, así como reforzar las bases de los fieles iglesias que son para orar y escuchar la palabra de Dios.

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en concordancia con el Artículo 18° de la Constitución Política del Perú y la Ley Universitaria 30220 y los Artículos 3° y 4° de su Estatuto vigente, la Universidad Nacional del Altiplano es una institución de Educación Superior, integrada por docentes, estudiantes y graduados. Tiene como misión desarrollar conocimiento científico, tecnológico y humanístico para formar profesionales y post graduados calificados de excelencia académica, capacidad competitiva y de gestión para proponer, elaborar y ejecutar alternativas integrales en el desarrollo regional y nacional; de igual manera, la Universidad Nacional del Altiplano es persona jurídica de derecho interno, tiene sede en la ciudad de Puno y la personería y representación legal es ejercida por su Rector.



## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO RECTORADO

### CLAUSULA SEGUNDA: BASE LEGAL

El presente Convenio tiene base legal en las siguientes disposiciones:

- Constitución Política del Perú;
- El Concordato celebrado entre la Santa Sede y el Estado Peruano del año 1980.
- Ley Universitaria N° 30220
- Estatuto Universitario 2015 (De acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220).
- Normas para la construcción de templos

### CLAUSULA TERCERA: OBJETO DEL CONVENIO

El presente Convenio tiene por objeto establecer las condiciones de mutua colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano a fin de consolidar esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto a nivel de perfil y definitivo para la Construcción del Templo "Niño Salvador del Mundo", cuya ubicación del terreno situado en el Centro Poblado de Alto Puno, de la ciudad de Puno.

### CLAUSULA CUARTA: COMPROMISOS.

#### DEL OBISPADO:



- Orientar, asesorar la construcción del Templo y control de la ejecución de la obra, bajo fundamentos bíblicos para la construcción de un templo.
- Hacer participe en la elaboración del proyecto de construcción del Templo El Niño Salvador del Mundo, a los estudiantes de las Facultades de: Ingeniería topográfica, Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo, a manera de realizar sus prácticas pre profesionales.
- Al término de las prácticas pre profesionales, el obispado emitirá una Constancia de Prácticas Pre Profesionales.
- Proporcionar la Escritura Pública del terreno destinado para la construcción del templo, debidamente regulada.
- Proporcionar el Plano del Terreno con alineamientos para que se pueda hacer el diseño y la respectiva aprobación del Proyecto.
- Asumir los gastos de materiales y viáticos que se requiera para la elaboración del Proyecto.
- Promover para que los fieles aporten mediante una donación, para la Construcción del Templo Niño Salvador del Mundo.



#### DE LA UNIVERSIDAD:



- Promover la participación de los estudiantes de los últimos semestres de las Escuelas Profesionales de Ing. Civil, Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería Topográfica y Agrimensura, para que puedan elaborar el perfil y el Estudio Definitivo del proyecto más la propuesta del diseño o maqueta del templo de acuerdo a las normas técnicas para la construcción de templos, para la "Construcción del Templo Niño Salvador del Mundo".
- Participar activamente en el Control de la Ejecución del Proyecto.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
RECTORADO**

**CLAUSULA QUINTA: VIGENCIA DEL CONVENIO**

El presente convenio tendrá una duración de Un (01) año, contados a partir de la fecha de su firma, pudiendo renovarse de común acuerdo entre las partes.

**CLAUSULA SEXTA: MODIFICACIÓN AL CONVENIO**

Con la misma formalidad establecida en la cláusula anterior, las partes podrán introducir de mutuo acuerdo modificaciones del presente convenio como resultado de las evaluaciones periódicas que se realicen durante el tiempo de su vigencia.

Cualquier modificación y/o ampliación que se considere necesario introducir en el presente Convenio, por cualquiera de las partes, deberá ser comunicado con una anticipación de 15 días, o en todo caso se adicionará mediante ADENDA, que entrará en vigencia a partir de la fecha de suscripción de la misma, la que forma parte del presente Convenio.

El presente Convenio podrá ser disuelto por las siguientes causas:

- De acuerdo mutuo
- A solicitud de una de las partes en caso de imposibilidad de cumplimiento de sus obligaciones.
- Incumplimiento de las obligaciones de una de las partes.

**CLÁUSULA SÉTIMA: DE CONFORMIDAD DE LAS PARTES**

Estando ambas partes de acuerdo con el contenido de las cláusulas precedentes, en señal de conformidad suscriben el presente Convenio, en (03) ejemplares igualmente válidas.

POR LA UNIVERSIDAD:

POR EL OBISPADO DE PUNO:



*[Signature]*  
PORFIRIO ENRIQUEZ SALAS  
Rector



*[Signature]*  
Monseñor JORGE PEDRO CARRIÓN PAVLICH  
Obispo de Puno

Puno, ..... de ..... del 2016

Puno, 24 de Mayo del 2016