

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**



**“APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA  
PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA  
CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO”**

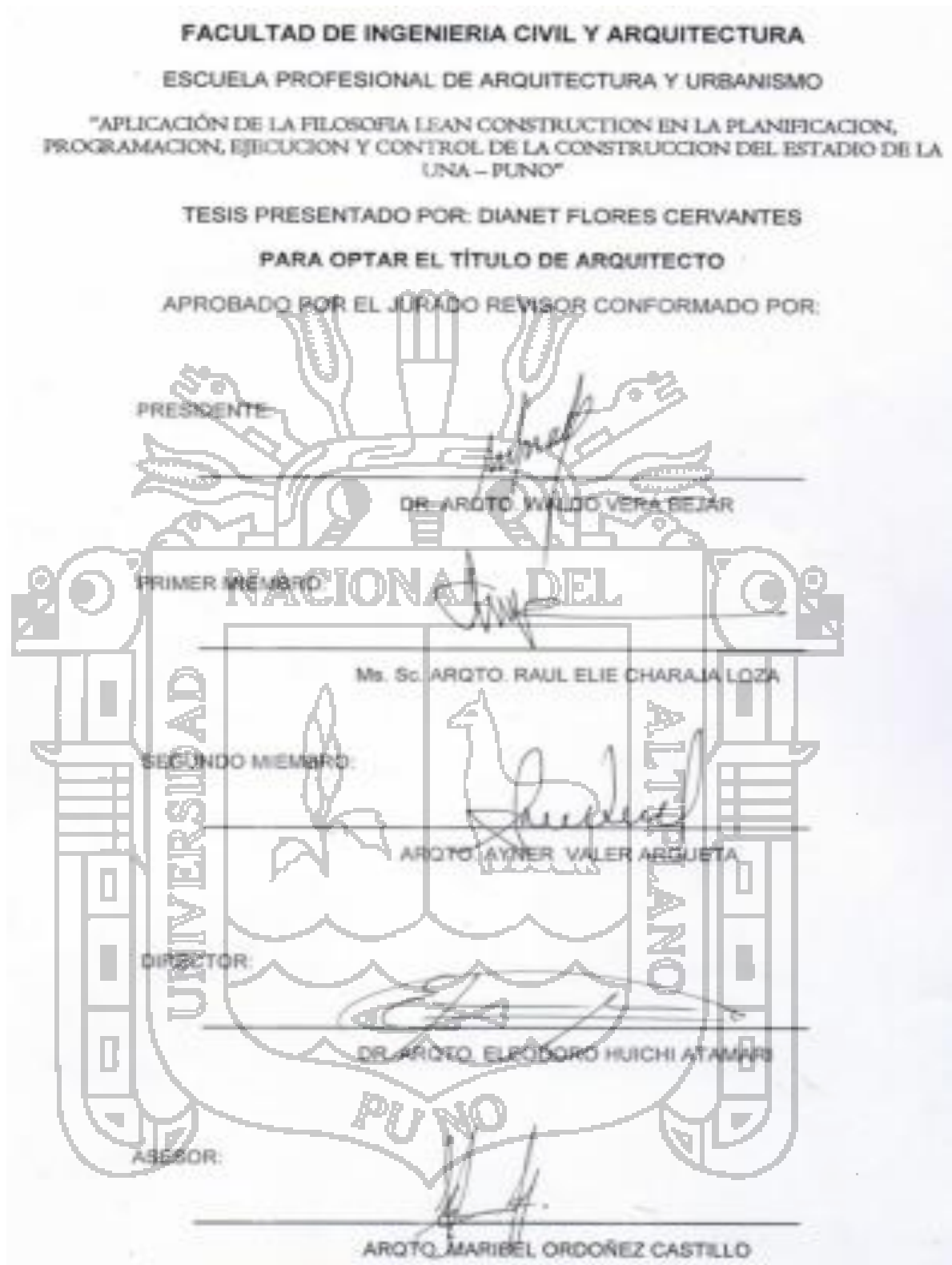
TESIS PRESENTADO POR:

FLORES CERVANTES DIANET

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE ARQUITECTO**

PUNO – PERÚ

2016



TEMA: Edificaciones arquitectónicas

ÁREA: Tecnología y medio ambiente



**DEDICATORIA**

A mis queridos padres

José y Francisca

que con su amor y dedicación supieron  
mantenerme firme ante las adversidades de  
este mundo, todo con la finalidad de verme  
realizada.

A mis queridos hermanos,

Maritza y Rolado

por su apoyo durante mi vida Universitaria

**DIANET FLORES CERVANTES**

## AGRADECIMIENTO

En nuestro paso por la vida nos embarcamos en proyectos que sería imposibles de realizar sin la colaboración de otros en este caso en particular, quiero expresar mi más sincero Agradecimiento a mi director

de tesis y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera, han contribuido a que, finalmente esta tesis sea una realidad,

A mi familia por todas las ideas aportadas para la ejecución de esta tesis,

Al equipo técnico que labora en la construcción del Estadio de la UNA-PUNO, que sin su apoyo no hubiera sido fácil desarrollar esta tesis,

Al Ingeniero Brahian Roman Cabrera y al Ingeniero Vladimiro Ibañez que no dudaron en proporcionarme material e ideas que han contribuido en el desarrollo de esta tesis,

A mis grandes amigos que siempre estuvieron preguntando ¿Cómo vas con la Tesis?, Al Ing. Mendoza, a Cristian, a Luis Yapu a Hugo Yoy y a mi querida Vanessa,

Y finalmente a quienes he olvidado menciona, gracias por su apoyo

DIANET FLORES CERVANTES

## INDICE

<b>CAPITULO I: GENERALIDADES.....</b>	<b>18</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACION DE PREGUNTAS.....	17
1.2.1 Pregunta general.....	17
1.2.2 Preguntas específicas.....	17
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	17
1.3.1 A NIVEL NACIONAL.....	17
1.3.2.A NIVEL INTERNACIONAL.....	19
1.4. JUSTIFICACION.....	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	22
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.5.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
1.6. HIPOTESIS.....	23
1.6.1.HIPOTESIS GENERAL.....	23
1.6.2.HIPOTESIS ESPECÍFICA.....	23
1.7. VARIABLES E INDICADORES DE INVESTIGACION.....	23
1.7.1.VARIABLES.....	23
1.7.2.INDICADORES.....	24
1.7.3.OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	24
1.8. ALCANCES Y LIMITES.....	25
1.8.1.ALCANCES.....	25
1.8.2.LIMITES.....	26

1.9.	METODO DE INVESTIGACION.....	26
1.9.1.	TIPO DE INVESTIGACION.....	27
1.9.2.	DISEÑO DE INVESTIGACION.....	27
1.9.3.	MUESTREO.....	28
1.9.4.	TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS.....	29
<b>CAPITULO II: DESARROLLO TEORICO - CONCEPTUAL.....</b>		<b>31</b>
2.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	31
2.2.	MARCO TEORICO.....	35
2.2.1.	FILOSOFIA LEAN COSTRUCTION.....	35
2.2.2.	SISTEMA DE PRODUCCIÓN EFECTIVO.....	35
2.2.3.	PRODUCTIVIDAD.....	39
2.2.4.	EL CICLO DE LA PRODUCTIVIDAD.....	40
2.2.5.	VARIABILIDAD.....	41
2.2.6.	JUST IN TIME.....	41
2.2.7.	CURVA DE APRENDIZAJE.....	42
2.2.8.	SECTORIZACION.....	43
2.2.9.	TREN DE ACTIVIDADES.....	45
2.2.10.	BUFFERS.....	45
2.2.11.	LAST PLANNER SYSTEM (SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR).....	48
2.2.12.	PLANIFICACIÓN MAESTRA.....	52
2.2.13.	PHASE PLAN O PULL PLAN (PULL PLANNING).....	52
2.2.14.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN POR FASES.....	53
2.2.15.	LOOK AHEAD PLAN.....	55
2.2.16.	INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (WORKABLE BACKLOG).....	56
2.2.17.	PROGRAMACIÓN SEMANAL (WEEKLY WORK PLAN).....	56
2.2.18.	PROGRAMACIÓN DIARIA.....	57

2.2.19.LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES (THEORY OF CONSTRAINTS).....	58
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	59
2.3.1.MARCO REFERENCIAL INTERNACIONAL.....	59
2.3.2.MARCO REFERENCIAL NACIONAL.....	64
2.4. MARCO HISTORICO.....	65
2.4.1.RESEÑA HISTORICA: LEAN CONSTRUCTION.....	65
<b>CAPITULO III: DIAGNOSTICO MARCO REAL.....</b>	<b>68</b>
3.1. DESCRIPCION DEL CASO DE ESTUDIO.....	68
3.1.1.INFORMACION GENERAL.....	68
3.1.1.1.UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	68
3.1.1.2.DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	69
3.1.1.3.DISTRIBUCION DE AMBIENTES POR NIVELES.....	70
3.1.2.SISTEMA DE GESTION DEL PROYECTO.....	72
3.1.3.PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION.....	74
3.2. MEDICION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCTIVIDAD.....	76
3.2.1.NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD.....	76
3.2.2.RESULTADOS DEL NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD REALIZADO EN OBRA POR DIA.....	79
3.2.3.ANALISIS DE DATOS.....	84
3.2.3.1.ANÁLISIS DE VARIANZA PARA Y_MIN - SUMA DE CUADRADOS TIPO III.....	84
3.2.3.2.PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA Y_MIN POR TIPO.....	84
3.2.3.3.TABLA DE MEDIAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA Y_MIN CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%.....	85
3.2.4.ANALISIS Y EXPOSICION DE RESULTADOS.....	86
3.2.4.1.PRODUCTIVIDAD Y LAS CATEGORIAS DE TRABAJOS.....	86

## **CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION.....92**

4.1.LA NUEVA FILOSOFIA DE PRODUCCION: UN POCO DE LUZ DENTRO DEL CAOS.....	92
4.1.1.ENFOQUE EN LA ELIMINACION DESPIADADA DE PERDIDAS.....	92
4.1.2.GRASA SUPERFICIAL Y GRASA INTERNA (DOS NIVELES FUNDAMENTALES DE PERDIDAS).....	93
4.1.3.ENFOQUE EN FLUJOS (modelo de conversión vs. Modelo de flujos).....	94
4.1.4.ENFOQUE EN LA CONFIABILIDAD (modelo de conversión vs. Modelo de flujos).....	94
4.1.5.RIGUROSIDAD EN EL TRABAJO.....	95
4.1.6.ENFOQUE EN LA GESTION DE PRODUCCION.....	96
4.1.7.MANEJO DE LA CONSTRUCCION CON ENFOQUE DE DUEÑO.....	96
4.2. SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION: EL NUEVO SISTEMA DE GESTION.....	96
4.2.1.PLANIFICACIÓN GENERAL DE OBRA: PLANIFICACIÓN MAESTRA POR HITOS.....	97
4.2.2.PROGRAMACION LINEAL, LA IMPORTANCIA DE LA FORMACION DE TRENES DE TRABAJO.....	103
4.2.3.PROGRAMACION.....	106
4.2.3.1.LOOK A HEAD DE PLANNING (LAP), PLANIFICACION ANTICIPADA DE RECURSOS.....	109
4.2.3.2.ANALISIS DE RESTRICCIONES.....	112
4.2.3.3.PLAN SEMANAL.....	116
4.2.3.4.PLAN DIARIO.....	118
4.2.3.5.ANALISIS DE CONFIABILIDAD.....	121
4.2.3.5.1. PPC (Porcentaje de Plan Cumplido).....	121
4.2.3.5.2.ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO.....	123
4.2.3.6. LOOK AHEAD DE AREAS DE SOPORTE.....	126
4.2.3.6.1. LOOK AHEAD DE EQUIPOS.....	127
4.2.3.6.2.LOOK AHEAD DE MATERIALES.....	128
4.2.4. RUTINAS DE PROGRAMACION.....	129
4.2.4.1.RUTINA 1.....	129
4.2.4.2.RUTINA 2.....	131
4.2.5.ORDENES DE TRABAJO: TRANSMISION DE LA INFORMACION A TERRENO...132	
4.2.6.HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE RENDIMIENTO.....	135
4.2.7.MEDICIONES DE TERRENO.....	138
4.2.7.1.MEDICION DEL NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD DE OBRA.....	138
4.2.7.2.MEDICION DE ACTIVIDADES PUNTUALES Y CARTA DE BALANCE.....	141
4.2.8.FLUJO DE INFORMACION DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION.....	143
4.2.9.USO DE INCENTIVOS EN EL NIVEL DEL OBRERO.....	145
4.3. REQUISITOS POR CUMPLIR PARA LA APLICACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION EN OBRA.....	145



4.3.1.LAIMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO.....	145
4.3.2.EL AGENTE DEL CAMBIO.....	146
4.3.3.TRASMISION DEL CONOCIMIENTO A TERRENO.....	147
4.3.4. COMO LIDIAR CON EL EXCESO DE GENTE.....	147
4.3.5.ESQUEMA DE REMUNERACIONES Y PARTICION EN FUNCION DEL CONOCIMIENTO.....	148
4.3.6.MEJORAR A LOS PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS: EL SIGUIENTE PASO .....	149
4.3.7.ANALISIS DEL COSTO DE IMPLEMENTACION DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION.....	149
4.4. EJECUCION DE PROPUESTA: CASCO ESTRUCTURAL - PRIMER NIVEL.....	152
CONCLUSIONES.....	156
RECOMENDACIONES.....	157
BIBLIOGRAFIA.....	154
ANEXOS.....	161



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema General de Variables .....	24
FIGURA 2 : Proceso de Recolección de Datos .....	29
FIGURA 3: Cuadro Metodológico.....	30
FIGURA 4: Modelo de Flujo (Fuente: Capitulo Peruano LCI) .....	36
FIGURA 5: Modelo de flujo con flujos eficientes (Fuente: Capitulo Peruano LCI) .....	38
FIGURA 6: Modelo de Flujo con Procesos Eficientes (Fuente: Capitulo Peruano LCI) .....	38
FIGURA 7: Ciclo de la Productividad (Fuente: Rodríguez Castillejo, 2012) .....	40
FIGURA 8: Proceso De Sectorización .....	44
FIGURA 9: Formulación de las Asignaciones en el Planeamiento LP .....	49
FIGURA 10: Esquema Last Planner .....	50
FIGURA 11: Estructura fundamental del Last Planner .....	51
FIGURA 12: Toyota Production System (TPS) .....	61
FIGURA 13: Imagen Satelital de la Ubicación del Proyecto en Estudio.....	68
FIGURA 14: Organigrama de Obra.....	73
FIGURA 15: CONTROL DE OBRA CON CURVA S.....	75
FIGURA 16: Muestreo de Nivel General de Actividad por día .....	79
FIGURA 17: Muestreo de Nivel General de Actividad por día .....	80
FIGURA 18: Muestreo de Nivel General de Actividad por día .....	81
FIGURA 19: Muestreo de Nivel General de Actividad por día .....	82
FIGURA 20: Muestreo de Nivel General de Actividad por día .....	83
FIGURA 21: Variabilidad de los trabajos Productivos.....	86
FIGURA 22: Composición de Trabajos Contributivos.....	87
FIGURA 23: Variabilidad De Los Trabajos Contributivos .....	88
FIGURA 24: Composición De Trabajos No Contributivos .....	88
FIGURA 25: Composición De Trabajos No Contributivos .....	89
FIGURA 26: Distribución General de categorías de Trabajo .....	90
FIGURA 27: Herramientas de Lean Construction.....	97
FIGURA 28: La programación como protección del plan .....	106
FIGURA 29: Relación entre los procesos de planeamiento y programación como parte de la Gestión de la Producción .....	107
FIGURA 30: RUTINA DE PROGRAMACION .....	108
FIGURA 31: LOOK AHEAD .....	111
FIGURA 32: ANALISIS DE RESTRICCIONES.....	114
FIGURA 33: Obtención del Plan Semanal .....	117
FIGURA 34: Elaboración del Plan Diario .....	120
FIGURA 35: CÁLCULO DEL PPC .....	122
FIGURA 36: MATRIZ DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO .....	125
Figura 37, Esquema De Interrelación Entre Producción y Áreas De Soporte .....	126
FIGURA 38: LOOK AHEAD DE EQUIPOS.....	127

FIGURA 39: LOOK AHEAD MATERIALES .....	128
FIGURA 40: SECUENCIA DE PROGRAMACION – METODOLOGIA 1.....	130
FIGURA 41: SECUENCIA DE PROGRAMACION – METODOLOGIA 2.....	131
FIGURA 42: ORDEN DE TRABAJO .....	134
FIGURA 43: Informe de Productividad.....	137
FIGURA 44: Formato para Mediciones del Nivel General de actividades.....	140
FIGURA 45: Carta de Balance .....	142
FIGURA 46: Flujo de Información del Nuevo Sistema de Gestión .....	144
FIGURA 47: Control de Programación de Obra Curva S .....	153

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1: DISTRIBUCION GENERAL DE CATEGORIAS DE TRABAJO.....	19
Tabla 2: EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD EN CHILE .....	21
Tabla 3: EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA.....	21
Tabla 4: SISTEMA DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	25
Tabla 5: SISTEMA DE GESTION .....	72
Tabla 6: FORMATO DE REGISTRO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD .....	78
Tabla 7: SUMA DE CUADRADOS .....	84
Tabla 8: PORCENTAJE DUNCAN.....	84
Tabla 9: SIGNIFICANCIA ENTRE VARIABLES .....	85
Tabla 10: TABLA DE MEDIAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA Y_MIN CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0% .....	85
Tabla 11: Cálculo de Duración de Actividad Individual.....	101
Tabla 12: Planificación Maestra .....	102
Tabla 13: Planificación mediante Trenes de trabajo, basados en la Sectorización.....	105
Tabla 14: LISTADO DE RESPONSABLES POR TIPO DE RESTRICCION DEFINIDO EN EL PROYECTO.....	115
Tabla 15: Propuesta de Rutina de Programación.....	129
Tabla 16: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES METODOLOGIA 1 .....	130
Tabla 17: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES METODOLOGIA 2 .....	131

### INDICE DE PLANOS

Plano S1: SECTORIZACION DE ESTRUCTURA 1ER Y 2DO NIVEL .....	ANEXOS
Plano S2: SECTORIZACION DE ESTRUCTURA 3ER Y 4TO NIVEL .....	ANEXOS
Plano S3 SECTORIZACION DE ESTRUCTURA EN SECCION TRANSVERSAL 1ER, 2DO, 3ER Y 4TO NIVEL .....	ANEXOS
Plano 01: PLANIFICACION MAESTRA .....	ANEXOS
Tabla 02: CURVA S .....	ANEXOS

## RESUMEN

La filosofía Lean Construction se inició en la década de 1990 mediante la adaptación de las teorías de producción de las grandes fabricas (Lean Production) a la industria de la construcción. Sin embargo su difusión y aplicación en nuestro país esta reducido a un grupo selecto de empresas que vienen aplicando esta metodología hace algunos años con resultados alentadores. La presente investigación técnica y aplicada; de carácter exploratoria, descriptiva y explicativa a la vez; se centra en la propuesta de aplicación de la filosofía Lean Construcción como método de planificación, programación, ejecución y control en la construcción del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. A lo largo de este trabajo de investigación se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía Lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la propuesta de aplicación de herramientas. Además, se desarrolla una guía de aplicación práctica, y como se aplican las herramientas analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Nivel general de actividad, Cartas de Balance, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales u gerencias de infraestructura que busquen implementar lean Construcción en sus proyectos. Por otro lado se analizan los resultados de productividad, obteniéndose los siguientes resultados en promedio: Trabajo Productivo (TP) 36%, Trabajo Contributivo (TC) 44% y Trabajo No Contributivo (TNC) 20%. Y se comparan con estándares de obras de construcción en el país e internacionales. Finalmente se analiza el desarrollo y performance del proyecto para poder sacar conclusiones y propuestas de mejora que puedan ser aplicadas por la obra en estudio.

### PALABRAS CLAVES

- Construcción sin pérdidas
- Sistema del último planificador
- Mirar hacia Adelante
- Colchon
- Justo a tiempo
- Planificación
- Programación

## ABSTRACT

Lean Construction philosophy started in the 1990s by adapting theories production of large factories (Lean Production) to the construction industry. However their dissemination and implementation in our country is limited to a select group of companies that have been applying this methodology several years with encouraging results. This technical and applied research; exploratory, descriptive and explanatory character at a time; It focuses on the proposed application of Lean Construction philosophy as a method of planning, programming, implementation and control in the stadium of the Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Throughout this research the main concepts and tools of Lean philosophy to generate a solid theoretical foundation that supports the proposed application of tools are described. In addition, a guide to practical application is developed, and how they apply the tools analyzed and described in detail as the most important tools of this philosophy (Last Planner System, Sectorization, general level of activity, Card Balance, etc. apply ) with the aim of spreading the methodology of application of each tool and serve as a guide for professionals or infrastructure managers seeking to implement lean construction projects. On the other hand productivity results are analyzed, with the following results on average: Productive Work (TP) 36% Contribution Work (TC) 44% and Labour Non-contributory (TNC) 20%. And compared to standards of construction in the country and abroad. Finally, the development and performance of the project is analyzed to draw conclusions and suggestions for improvement that can be applied to the work under consideration.

### KEY WORDS

- Lean Construction
- Last Planner System
- Look Ahead
- Buffer
- Just in Time
- Planning
- Programming

## INTRODUCCION

El rubro de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú, debido al déficit de infraestructuras existentes. Sin embargo, la mayoría de las unidades ejecutoras se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Pero comparado con otros sectores, la construcción no ha presentado grandes tasas de aumento en la productividad del trabajo.

La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú está en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la Filosofía Lean Construction. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, propias de su sistema o de otras corrientes, siendo las más importantes de ellas el Last Planner System, Sectorización, tren de actividades, buffers, nivel general de Actividad y las cartas de balance.

En el capítulo I, se indica el problema que motivó la presente investigación, un breve repaso de los antecedentes encontrados durante la revisión bibliográfica y los objetivos que se buscan cumplir.

En el capítulo II, se profundiza en el estado del arte de la filosofía Lean Construction, las técnicas empleadas y las herramientas que permitan mejorar la productividad en obra. En el capítulo III, se describe la metodología de investigación empleada, las técnicas de recopilación de datos, muestreo de la población en estudio y el análisis de procesamiento de los datos estadísticos obtenidos.

En el capítulo IV, se describe la guía de implementación de la metodología de la filosofía Lean Construction en los procesos constructivos en obra, la cual se compone de distintas etapas, técnicas y herramientas.

En el capítulo V, se desarrolla la propuesta de la aplicación de la filosofía Lean Construction, utilizando las principales herramientas para la planificación, programación, ejecución y control de una obra.

Finalmente, se señala que la presente investigación se realizó con el propósito de mostrar las oportunidades de mejora en la productividad del trabajo en proyectos de construcción mediante la aplicación y adaptación a nuestro medio de metodologías distintas a las tradicionales.



## CAPTITULO I: GENERALIDADES

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al proyecto de Investigación, la Oficina de Arquitectura y Construcción de la Universidad Nacional del Altiplano, viene ejecutando diferentes obras de ingeniería, entre ellas la construcción del complejo deportivo universitario en la ciudad universitaria, con las siguientes características: la ejecución de la obra viene siendo ejecutado con un plazo superior a lo proyectado, ejecución de partidas trabajos o partidas en tiempos no programados ni planificados, existencia de tiempos muertos de las cuadrillas de trabajadores, partidas en espera de maquinarias y equipos que se requieren para su ejecución, encofrados a la espera de concreto, retrasos en la colocación de concreto por una deficiente programación y coordinación con la planta de concreto, deficiente asistencia técnica en los frentes de trabajos; todas estas características vienen siendo reflejados en la ejecución lenta de dicha obra.

Por otro lado otras de las causas del lento desarrollo de la obra se debe a la baja productividad, esto tiene una serie de factores, y como principal actor tenemos a la mano de obra, y estos a su vez afrontan una serie de problemas como son: los salarios bajos, no existe capacitación a los obreros y la deficiencia de seguridad en obra porque al trabajador no se le ofrece los equipos de protección personal adecuados.

También se cree que otra de las causas del retraso en la ejecución de la obra es el abastecimiento oportuno de materiales, si bien en cierto la ejecución por administración directa está ligada a una serie de procesos de adquisición y contrataciones con el estado, esto limita el abastecimiento oportuno de materiales y equipos.

De esta manera, con la esperanza de alcanzar los buenos resultados logrados por algunos países con la aplicación e implementación de la Filosofía LEAN CONSTRUCTION, planteamos las siguientes preguntas de investigación:



## 1.2. FORMULACION DE PREGUNTAS

### 1.2.1. PREGUNTA GENERAL.

¿Cómo lograr la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA - PUNO?

### 1.2.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS.

1. ¿Cuáles son las herramientas que permitan formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control en el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que promueva el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA - PUNO?
2. ¿Cuáles serán las nuevas técnicas y estrategias para formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la Filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA - PUNO?
3. ¿Cuáles serán los procedimientos de planificación, programación, ejecución y control, en el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA - PUNO?

## 1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

### 1.3.1. A NIVEL NACIONAL

BULEJE REVILLA (2012), en su tesis PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION DE UN CONDOMINIO APLICANDO CONCEPTOS DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCCION, concluye que: La filosofía Lean Construction puede ser aplicada a cualquier tipo de proyecto, no es necesario una gran inversión o una gran área de terreno para que sea aplicable este concepto, lo que si queda claro es que, para la parte de

construcción, a una mayor cantidad de departamentos se observara de manera más clara la especialización de las cuadrillas, lo cual se verá reflejado en la curva de productividad y la curva de aprendizaje. La aplicación de esta filosofía implica un cambio en la manera de pensar, no implica un incremento en los costos, sino todo lo contrario.

HUARCAYA HUAMANI (2014), en su tesis EJECUCIÓN LEAN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, concluye que dado los numerosos especialistas en Lean Construction sostienen que para poder lograr objetivos en nuestros proyectos de construcción es necesario el desarrollo de una estrategia de LPDS que aborde en forma coherente cada una de las fases de un determinado proyecto; en consecuencia, la producción, la organización y los contratos tendrán un desarrollo más eficiente y eficaz; es importante alinear nuestra forma de pensar y construir a los objetivos Lean. La ruptura de paradigmas(a los que estamos atados gracias al CPM, PERT, etc.) es fundamental tanto como el entendimiento de que para obtener mejores resultados es necesario hacer las cosas de manera distinta. Se recomienda materializar físicamente los compromisos; en otras palabras, estos principios se reafirmarían si hacemos que formen parte de una declaración de principios firmada por los miembros del equipo de desarrollo de proyecto y la comunidad de contratistas y proyectistas que proveen sus servicios e insumos. De esta manera también creamos un ambiente de inclusión y sociedad estratégica entre los miembros de nuestro equipo, el cual es formado además por nuestros proveedores. Aunque pueda sonar lejano en necesario que toda las partes involucradas en un proyecto entiendan que el cometido Lean es hacer eficiente todo el proceso y que los acuerdos que se realizan alrededor de este objetivo son de tipo Ganar-Ganar.

RESULTADOS DE INVESTIGACION SOBRE PRODUCTIVIDAD EN PERU En la ciudad de Lima se ha realizado una investigación en el año 2001 en las que se encontraron los niveles de productividad mostradas en el siguiente cuadro.

Tabla 1: DISTRIBUCION GENERAL DE CATEGORIAS DE TRABAJO

<b>Categorías de trabajo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Trabajos Productivos</b>	28%	20%	37%
<b>Trabajos Contributivos</b>	36%	35%	36%
<b>Trabajos No Contributivos</b>	36%	26%	45%

MEDICION REALIZADA EN 50 OBRAS DE LIMA

*Fuente: Ghio (2005, p.18)*

### 1.3.2. A NIVEL INTERNACIONAL

MARTINEZ RIBON (2011), en su tesis PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE LA FILOSOFIA LEAN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION, concluye que: La implementación y aplicación de la Filosofía Lean al Proyecto de construcción arrojó resultados favorables en cuanto a la gestión administrativa, proceso de planeación y ejecución del proyecto, se evidenció una reducción considerable en las pérdidas generales durante el proceso constructivo y por consiguiente una mejora en la productividad. Lo anterior se dio gracias al compromiso de la gerencia y de las partes interesadas en el proyecto, a la aplicación de la metodología y al avance del mejoramiento continuo en los procesos: resultado de la planeación realizada en las reuniones programadas semanalmente.

Además indica que las empresas constructoras que busquen el mejoramiento en la productividad de los proyectos que se llevan a cabo, deben empezar por capacitar y comprometer al personal asignado en la planeación y ejecución de los proyectos en temas de gestión administrativa. De esta forma se facilitara la aplicación de estos principios adecuadamente, en el proyecto objeto de la implementación de la metodología Lean se evidenció que las personas capacitadas y con un alto grado de compromiso en el mejoramiento continuo aportaron sugerencias para encontrar soluciones en sus procesos enfocándose en la productividad y reducción de pérdidas en el proceso constructivo.

DIAZ MONTECINO (2007), En su tesis de investigación APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN 'LAST PLANNER' A LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA, concluye: El sistema “Último Planificador” es una herramienta destinada a estabilizar el flujo de trabajo y para ello se basa en los principios del Lean Production aplicados a la construcción. Podríamos decir que en general los cumple, aunque en forma indirecta. La revisión de las causas de no cumplimiento generan una mejora al sistema, ya que detectan las partes de él que están fallando. Con esto, yo puedo llegar al origen del problema que genera el no desarrollo según lo planificado de una actividad. Así, puedo mejorar el tiempo de ciclo de la cadena productiva y al mismo tiempo, hacer que los trabajadores no pierdan tanto tiempo en actividades que no agregan valor, como por ejemplo, esperas de material o falta de herramientas.

Otro principio que se resguarda explícitamente es la reducción de la variabilidad en los procesos. Esto se hace en forma directa al generar una programación semanal confiable. Así logro disminuir las diferencias entre lo que programo y lo que ejecuto realmente en la obra, lo que significa reducir la variabilidad del proceso.

En cuanto a la estructura del sistema, según mi criterio, no se deberían filtrar actividades para ingresar a la planificación intermedia. No significa que forcemos al sistema a hacer todas estas actividades, como lo indicaba el método “push”, sino que se realizará un seguimiento a todas las actividades. Al momento de llegar a las asignaciones semanales, se puede realizar este filtro. La diferencia es que aplico el filtro en actividades que se ejecutarán más a corto plazo y luego de haber realizado un adecuado seguimiento a ellas.

#### RESULTADOS DE INVESTIGACION SOBRE PRODUCTIVIDAD EN CHILE

Liderado por un grupo profesional del departamento de Ingeniería Civil y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, realizaron un estudio de identificación de pérdidas para generar el mejoramiento de la industria de construcción Chilena obteniendo los siguientes resultados el 1995.

Tabla 2: EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD EN CHILE

Categorías de trabajo	1989	1995	2001	2005
<b>Trabajos Productivos</b>	38%	47%	55%	66%
<b>Trabajos Contributivos</b>	38%	28%	25%	15%
<b>Trabajos No Contributivos</b>	24%	25%	20%	19%

(\*) MEDICION DE TRABAJOS CON MANEJO OPTIMIZADO

*Fuente: Alarcón y Diethelm (2005, p.18)*

## RESULTADOS DE INVESTIGACION SOBRE PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA

El área de construcción del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT conjuntamente con un importante grupo de constructores de la ciudad de Medellín ha liderado el proyecto de mejoramientos de la productividad en la construcción en donde en una primera fase de investigación, consistió en la identificación de las pérdidas, los resultados de la investigación realizada en el año 2002 se muestra a continuación.

Tabla 3: EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA

Categorías de trabajo	2002	2003	Óptimo 2003
<b>Trabajos Productivos</b>	38%	47%	55%
<b>Trabajos Contributivos</b>	38%	28%	25%
<b>Trabajos No Contributivos</b>	24%	25%	20%

(\*) Obra con mayor desempeño

*Fuente: Botero y Álvarez (2003, p.70) y (2004, p.59)*

### 1.4. JUSTIFICACION

El presente trabajo de investigación se justifica en la aplicación de la Filosofía Lean Construction en un proyecto de edificación que viene siendo ejecutado por administración directa, esta tesis desarrolla un modelo de implementación del modelo Lean a la organización, sin reemplazar las actuales prácticas que se llevan a cabo, sino en realizar un primer esfuerzo por demostrar que es posible mejorar el desempeño de los proyectos mediante el cambio de la manera de pensar.

El desarrollo de la propuesta del nuevo sistema de Gestión basado en las herramientas de la filosofía Lean Construction nos va a permitir promover el

desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de recursos en la construcción, contribuyendo a la reducción de los costos de ejecución de las obras ejecutadas por la Oficina de Arquitectura y Construcción, se hará un aporte a la mejor inversión de los recursos económicos de la Universidad y de esta forma se pueda ejecutar muchas más obras, con menor costo, en menores plazos de ejecución y con la calidad necesaria para la satisfacción de los usuarios.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadios de la UNA – PUNO.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Implementar las herramientas que permitan formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control en el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción en la construcción del estadio de la UNA – PUNO
2. Implementar las nuevas técnicas y estrategias para formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la Filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO
3. Proponer procedimientos de planificación, programación, ejecución y control, en el entorno de la filosofía de LEAN CONSTRUCTION que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO.

## 1.6. HIPOTESIS

### 1.6.1. HIPOTESIS GENERAL

La propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de Lean Construction fomentara el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA - PUNO.

### 1.6.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA

1. Implementando las herramientas que permitan formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control en el entorno de la filosofía de lean construcción fomentara el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO.
2. Implementando las nuevas técnicas y estrategias que permitan formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de Lean Construction fomentara el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO.
3. Los procedimientos de planificación, programación, ejecución y control, en el entorno de la filosofía de Lean Constructo fomentara el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO.

## 1.7. VARIABLES E INDICADORES DE INVESTIGACION

### 1.7.1. VARIABLES

Propiedades o atributos sujetos a un rango o margen de variabilidad, según las condiciones y circunstancias en que se manifiestan, pues consiste en identificar el tipo de relación entre ellas.

Es así que tenemos la variable independiente que es la causa “supuesta” de la variable dependiente, el efecto supuesto. La variable independiente es el antecedente; la dependiente, el consecuente. La relación entre estas variables marcara el sentido de



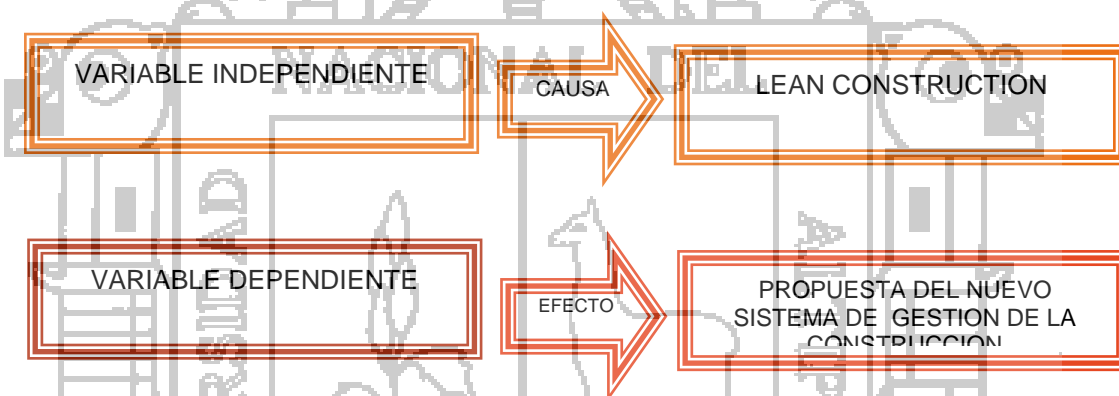
la investigación, la explicación que se busca a algo que normalmente está definido por la variable independiente.

### 1.7.2. INDICADORES

Son alternativas cualitativas o cuantitativas que pueden presentar las variables observadas, con posible precisión y operacionalización de las variables que serán medidas y que constituirán la base del sistema de información del proyecto.

Para un mayor entendimiento de las variables, se muestra el esquema siguiente.

FIGURA 1: Sistema General de Variables



Fuente : *Elaboración Propia*

### 1.8. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Al realizar una investigación, cualquier sea el tipo de estudio, no solo es importante identificar las variables que se tomarán en consideración, sino definir las con mayor precisión posible.

Operacionalizar una variable es simple definir la manera en que observa y medirá cada característica del estudio y tiene un sentido práctico fundamental.

- Dimensión: modo y formas de graduar la variable.
- Indicador: es una estadística que ha sido procesada con el fin de entregar información específica.



TABLA 4: SISTEMA DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
V.I. Filosofía Lean Construction	Numérica	- Diagnóstico de productividad en la construcción
		- Muestreos de Nivel General de Trabajo
		- Trabajos Productivos (TP)
		- Trabajos Contributivos(TC)
V.D. Propuesta de Planificación, Programación, Ejecución y Control Optimización de Recursos.		- Trabajos Contributivos(TNC) No
		- Identificación de herramientas
		- planificación y programación de obra.
		- Niveles de responsabilidad de los actores de obra

Fuente : *Elaboración Propia*

### 1.9. ALCANCES Y LIMITES

Comprende la propuesta del nuevo sistema de gestión planteado directamente para la obra en estudio que es la construcción del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano, y para aquellas obras que viene ejecutando la oficina de Arquitectura y Construcción.

#### 1.9.1. ALCANCES

- **A CORTO PLAZO:** Se desarrollara un documento que presente la propuesta del nuevo sistema de gestión bajo el entorno de la filosofía Lean Construction.
  - Guía para la implementación de la filosofía Lean.
  - Propuesta del nuevo sistema de gestión en la construcción.
- **A MEDIANO PLANO:** La propuesta contara con un esquema básico para su implementación para elaborar la propuesta del nuevo sistema de gestión bajo el entorno de la filosofía Lean Construction.

- **A LARGO PLAZO:** El proyecto de tesis estará disponible como un documento de consulta y apoyo para la ejecución de obras en diferentes entidades.

### 1.9.2. LIMITES

- **GEOGRAFICOS:** El proyecto de la aplicación de la Filosofía Lean Construction se realizara específicamente en la construcción del Estadio de la universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- **TIEMPO:** La propuesta se desarrollara en un máximo de tiempo de 02 meses a partir del año 2015.
- **SOCIAL:** El proyecto de investigación está orientado al sector de la construcción, tanto como personal técnico y personal obrero de la construcción del estadio de la UNA – Puno.
- **ECONOMICO:** El proyecto estará sujeto a un financiamiento económico por parte de la Oficina de Arquitectura y Construcción.
- **RECURSOS:** La propuesta del nuevo sistema de gestión será responsabilidad del equipo de trabajo que ejecuta la presente tesis de investigación, además recursos como: visitas de reconocimiento a obra, entrevista con el personal técnico y mediciones de niveles de trabajo a los obreros.

### 1.10. METODO DE INVESTIGACION

La metodología empleada para esta tesis corresponde al diseño de investigación **No Experimental Transeccional Descriptivo**, de acuerdo con Hernández (1997, p.189 y 191). Es del tipo no experimental, debido a que no se ha variado intencionalmente las variables: Trabajos productivos, Trabajos Contributorios y Trabajos No Contributorios, tal como estaba en su contexto real, y es del tipo transeccional por que los datos se recolectan en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

La técnica empleada es la de muestreo aleatorio del Nivel General De Actividad (NGA), que consistió en realizar numerosas observaciones de las

actividades que realizaban los obreros en el sitio de trabajo. Según Serpell Apud: Ghio (2001, p138) es necesario realizar 384 observaciones para que la investigación tenga una validez estadística, por la que se realizó 384 observaciones diarias a todos los obreros del proyecto en estudio durante 05 días, el NGA mide la actividad de cada obrero por minuto.

### 1.11. TIPO DE INVESTIGACION

La investigación es del tipo técnica y aplicada, en el nivel de exploración, descriptivo y explicativo a la vez. Es del tipo técnica y aplicada debido a que la investigación, está orientada a la aplicación de la nueva tecnología basada en la filosofía “LEAN CONSTRUCTION” en la construcción del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano; y teniendo en consideración las variables de la investigación, es del nivel explorativo por que no se han realizado investigaciones en dicho proyecto, es del nivel descriptivo debido a que mide el nivel general de actividad de cada obrero y además es explicativa por que la investigación está dirigida a encontrar las causas de los niveles de actividad. La investigación se centra a medir el nivel general de actividad, analizar e identificar las causas que afectan a los niveles productivos y realizar la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la Filosofía Lean Construction.

### 1.12. DISEÑO DE INVESTIGACION

En esta metodología se ha seguido una secuencia de etapas para obtener resultados favorables para la propuesta, dichas etapas son:

#### a) Etapa De La Estructura Analítica

**Marco Ideológico :** En esta etapa se estructura la formulación del problema, planteamiento de objetivos, justificación y alcances del proyecto.

**Proceso de datos:** En esta etapa se recopila la información bibliográfica, es decir detectar, extraer y construir un marco teórico la cual servirá para orientar el estudio; así mismo se desarrollara un marco conceptual, referencial y normativo las cuales concluirán en aportes y contenidos importantes para el desarrollo de la propuesta.

**b) Etapa Preliminar - Diagnostico**

En esta etapa se recopila la información del marco real: datos de los principales actores de la construcción, y referencial al problema, para luego analizarlo a fin de poder alcanzar la propuesta del nuevo sistema de gestión.

- **Análisis del principal actor de la construcción:** Medición General del Nivel de Trabajo a todo el personal obrero.
- **Análisis la labor del equipo técnico:** Entrevistas y conversaciones con los encargados de la dirección de la ejecución de la obra.

Desarrollando esta etapa lograremos obtener un diagnostico real del problema en cuestión generando la caracterización de la planeación, programación, ejecución y control.

**c) Etapa proceso – análisis, síntesis de datos y trasferencia.**

- Orientado al análisis de las variables para seleccionar datos necesarios que finalmente nos ayudaran a la solución del problema.
- En esta etapa se reflejara el análisis y Conceptualización de las actividades, comparando el Marco Real con el Marco Teórico para plantear esquemas de organización básica, llegar a conclusiones, definir premisas para obtener la programación cuantitativa y cualitativa de la propuesta.

**d) Etapa propuesta - desarrollo de la propuesta.**

Esta etapa comprende el marco operacional; es decir la finalización de los objetivos y desarrollo de la propuesta con la implementación del nuevo sistema de gestión a la obra.

**1.13.MUESTREO**

Para la medición del Nivel General de Actividad, se tomó como muestra a todos los obreros que laboran en la construcción.

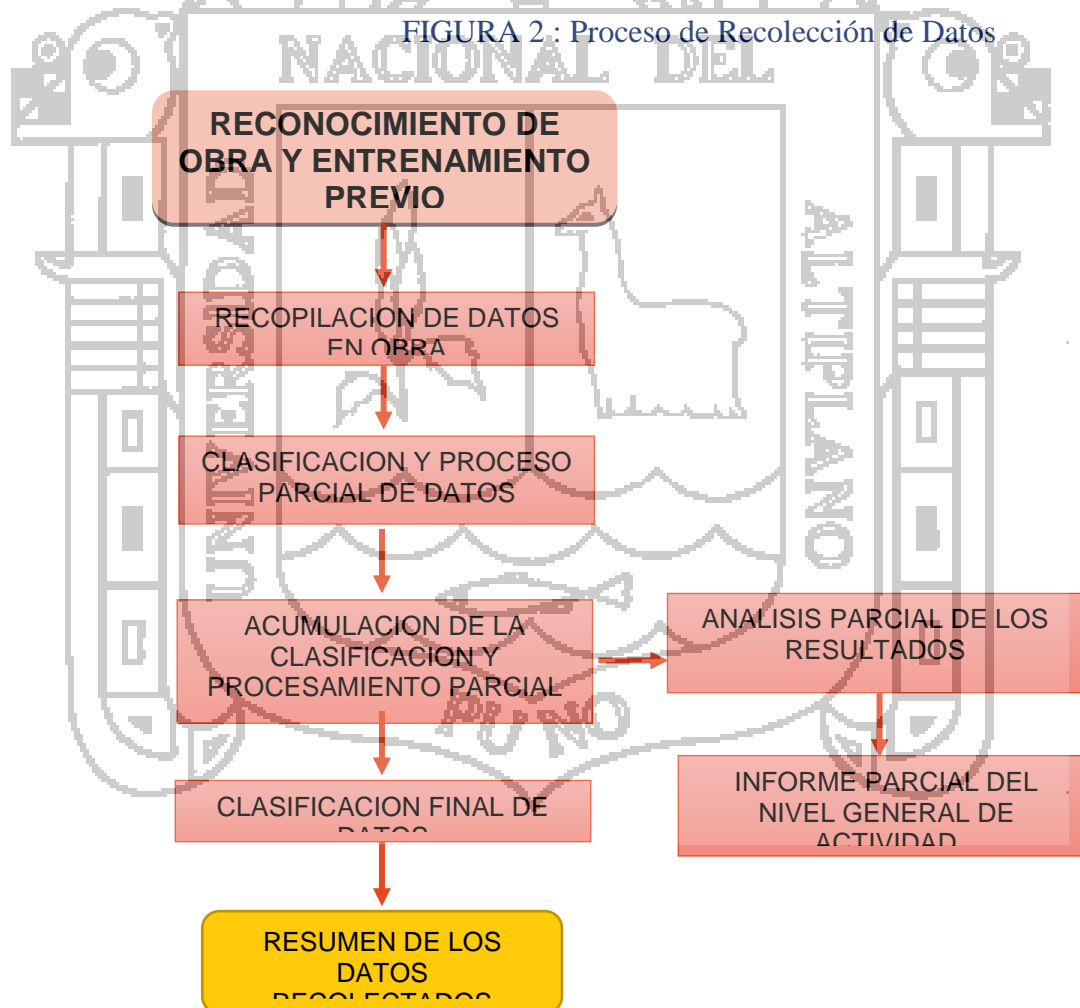
La toma de datos consistió en registrar las observaciones realizadas a los obreros durante la ejecución de las partidas muestreadas en los formatos de registros de Nivel General de Actividades que se mostraran más

adelante, cabe aclarar que debido a que la metodología de la investigación es del tipo no experimental transeccional, los datos han sido recolectados en el momento en el que los obreros ejecutaban las partidas consideradas. En el formato de recolección de datos de nivel general de actividad se han registrado datos como: nombre de la obra, nombre del muestreador, fecha, hora de inicio, hora de termino, las mediciones se realizaron a cada minuto en forma aleatoria a cada uno de los obreros registrando si en ese tiempo hacia TP, TC o TNC y cada una de estas variables con sus respectivas descripciones.

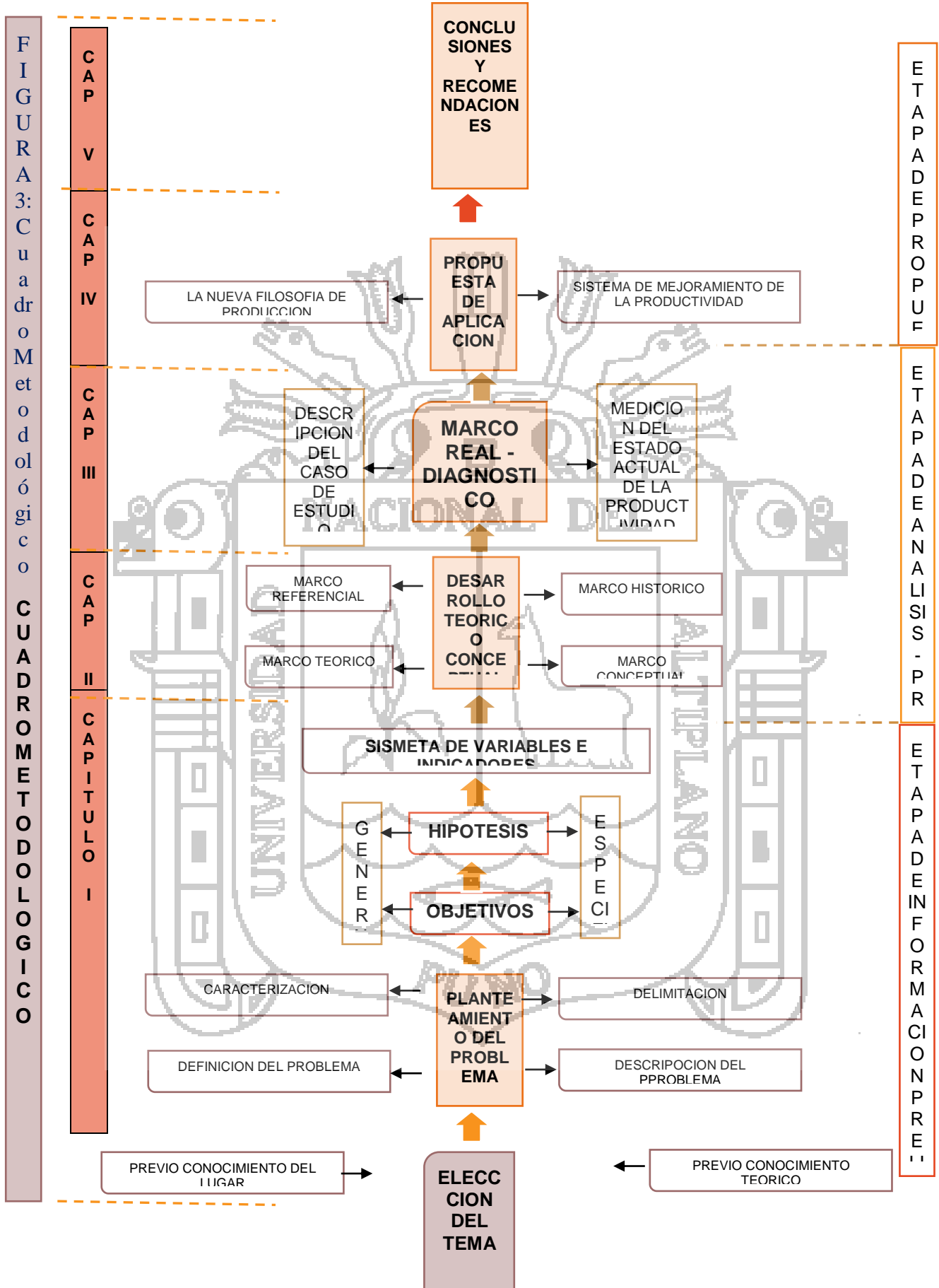
### 1.13.1. TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS

Se realizó dentro del plazo establecido en el proyecto de investigación y según el proceso representado en el esquema.

FIGURA 2 : Proceso de Recolección de Datos



Fuente : Elaboración Propia



## CAPITULO II: DESARROLLO TEORICO - CONCEPTUAL

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

- **PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION**

Rodriguez (2003, p.9-18) menciona los diferentes tipos de planeamientos que pueden haber en una organización entre ellos menciona el planeamiento estrategico, el planeamiento tactico y el planeamiento operativo. El tipo de planeamiento que es manejada como variable en esta investigacion es del tipo operativo en el que se estructura la descomposicion de trabajos, de la organización (gastos generales), de recursos (costos directos: mano de obra, materiales y equipos), teniendo en cuenta los costos, según GHIO CASTILLO, (2001, p.22) “estos planes son formulados y ejecutados con las programaciones de obra”; queda claro que los planes son ejecutados con las programaciones, los que deben cumplirse para que los planes cumplan su funcion.

- **PRODUCTIVIDAD**

Según RODRIGUEZ CASTILLEJO & VALDEZ CACERES (2012), Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. Es una medida del progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios.

RODRÍGUEZ (2003, p.36) indica lo siguiente “Según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) la productividad está definida como la relación existente entre la producción y recursos empleados”.

Ademas según BOTERO BOTERO & ALVAREZ MILLA, (2015, p. 52) “Un sistema productivo como la construccion, se caracteriza por la tranasformacion de insumos y recursos en productos deseados, los principales son los siguientes: Materiales, Mano de obra, Maquinarias, Herramientas y equipos. Se puede hablar entonces de



diferentes clases de productividad en la construcción, de acuerdo con los recursos considerado como productividad en la mano de obra, de materiales y de maquinarias”. Para la investigación nos referimos a la productividad de la mano de obra, debido a que es el recurso fundamental que fija el ritmo de trabajo en el área de edificaciones.

Las unidades son:

- Productividad en : UND/HH (M2/HH,M3/HH.etc.)
- Producción en UND: M2, M3, M, etc.
- Recurso empleado en: HH (Horas Hombres)
- **LEAN PRODUCCION (Producción sin Perdidas)**

Es una filosofía de producción desarrollada en Japón desde los años 50; significa producción sin pérdidas y según BOTERO BOTERO & ALVAREZ MILLA,(2015, p.66) “El sistema de producción basado en esta filosofía, está orientado fundamentalmente a eliminar las pérdidas en los procesos productivos”. Esta filosofía es muy importante debido a que nos permite obtener una radiografía de la productividad del proceso de producción para evitar pérdidas repetitivas por medio de planes retroalimentados en forma periódica en el sistema de producción.

- **LEAN CONSTRUCCION (Construcción sin pérdidas)**

Es la filosofía Lean Production aplicado al sector de la construcción. “según el Lean Construction Institute en una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción” (GHIO, 2001, p.30). Su proceso constructivo está compuesto por flujos y conversiones y su filosofía es la de eliminar y/o reducir los flujos, para el mejoramiento de la productividad; en forma específica la filosofía de LEAN CONSTRUCTION es la de reducir o eliminar los trabajos o Eliminar los Trabajos Contributivos y los Trabajos No Contributivos e incrementar los Trabajos Productivos para el mejoramiento de la Productividad.



- **FLUJOS Y CONVERSIONES**

Respecto a estos conceptos Botero (2015, p. 67) indica lo siguiente: “Los flujos se consideran a todas las actividades que no tengan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción; y las conversiones son todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos, por tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor”. Para esta investigación los flujos en las construcciones son los Trabajos Contributivos que están conformados por actividades de transportes, instrucciones, etc., Trabajos No Contributivos como esperas, desplazamientos, etc., y finalmente por Trabajos Productivos.

- **TRABAJO PRODUCTIVO (TP)**

De acuerdo a las definiciones de flujos y conversiones y a las categorizaciones hechas en otras investigaciones. Los trabajos Productivos están definido como el tiempo empleado por el obrero en realizar actividades de conversión durante el proceso constructivo de alguna unidad de construcción. Ejemplo: en el vaciado de concreto, en la colocación de aceros de refuerzos, en el asentado de ladrillos, en los pa;eteos y resvetimientos de elementos arquitectónicos.

- **TRABAJOS CONTRIBUTIVOS (TC)**

Los trabajos contributivos son los tiempos empleados por los obreros en realizar trabajos de flujo, específicamente estos trabajos son de apoyo a los Trabajos Productivos en los procesos constructivos de alguna unidad de construcción. Ejemplo: el transporte o traslado de materiales, herramientas y equipos; las mediciones, las limpiezas, instrucciones, etc.

- **TRABAJOS NO CONTRIBUTIVOS (TNC)**

Los trabajos No contributivos son los tiempos empleados por los obreros en realizar actividades de flujo, específicamente estos

trabajos son cualquier otra actividad que no apoyan a los Trabajos Productivos por la que son peores que los Trabajos Contributivos algunos de estos son: las esperas, los descansos, los desplazamientos innecesarios, etc.

- **CONFIABILIDAD**

Implementada ya, en el Peru, por constructoras de prestigio como Graña y Montero (2003). Es el porcentaje de planes cumplidos (PPC) durante un periodo (una semana). Se calcula por la relacion del numero de tareas completadas entre el numero total de tareas programadas y se consideran solo tareas cumplidas al 100%, no se considera avance parcial; se registran las razones de incumplimientos para tomar las acciones correctivas, para asi eliminar perdidas repetitivas.

- **BENCHMARKING**

Según RODRIGUEZ CASTILLEJO & VALDEZ CACERES (2012), Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes de la industria.

- **CONSTRUCTABILIDAD**

Según RODRIGUEZ CASTILLEJO & VALDEZ CACERES (2012), es el uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, diseño, el abastecimiento y el manejo de operaciones de construcción.

- **FLUJO DE TRABAJO**

Según GHIO CASTILLO (2001), Es el movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción, cada uno de las cuales los procesa antes de dejarlos pasar a las unidades de corriente abajo.

- **PERDIDAS**

Según GHIO CASTILLO (2001), Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto terminado. Ejm esperas, demoras, transportes, etc.

## 2.2. MARCO TEORICO

### 2.2.1. FILOSOFIA LEAN COSTRUCTION

GHIO (2001), afirma: “Esta nueva filosofía es respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a productividad, seguridad y calidad. Esto 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. En cuanto a la seguridad en la construcción, es conocido que es muy baja ya que generalmente no se considera como un punto importante al ejecutar en muchas de las obras que se ve a diario, por el simple hecho que se cree que se está generando mayores gastos y uso de recursos en cuanto a los implementos y sistemas de seguridad. Y finalmente respecto a la calidad, obviamente que se podría mejorar mucho más de lo que se hace hoy en día, sobretodo porque aparecen nuevas exigencias que se tienen que cumplir con un buen estándar de calidad. La teoría de Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades”. (p.30)

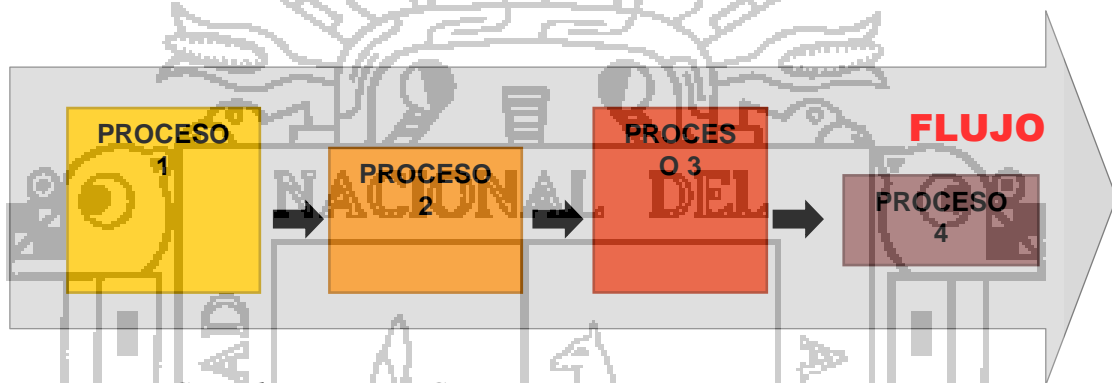
### 2.2.2. SISTEMA DE PRODUCCIÓN EFECTIVO

BOTERO BOTERO, (2006), afirma que, “La filosofía Lean Construction busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad”.

### 2.2.2.1. ASEGURAR QUE LOS FLUJOS NO PAREN

En esta etapa que es la más importante la filosofía Lean Construction propone centrarnos en que el flujo sea continuo, sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos. Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos como siguiente medida.

FIGURA 4: Modelo de Flujo



*Fuente : Capitulo Peruano LCI*

Como se puede apreciar en la imagen en esta primera etapa se logra continuidad del proceso general, pero salta a la vista que se tienen pérdidas debido a que la capacidad de producción de cada proceso es distinta y por consiguiente también lo son los flujos.

Como medidas para lograr el primer objetivo la filosofía Lean Construction propone 2 tipos de acciones importantes que son el manejo de la variabilidad y el uso del sistema Last Planner.

- **Manejo De La Variabilidad:** tiene mayor importancia en proyectos de infraestructura y que están alejados de las ciudades, ya que en esas situaciones la variabilidad es mucho mayor que para el caso de edificaciones. Lean Construction propone manejar la variabilidad con el uso de Buffers.

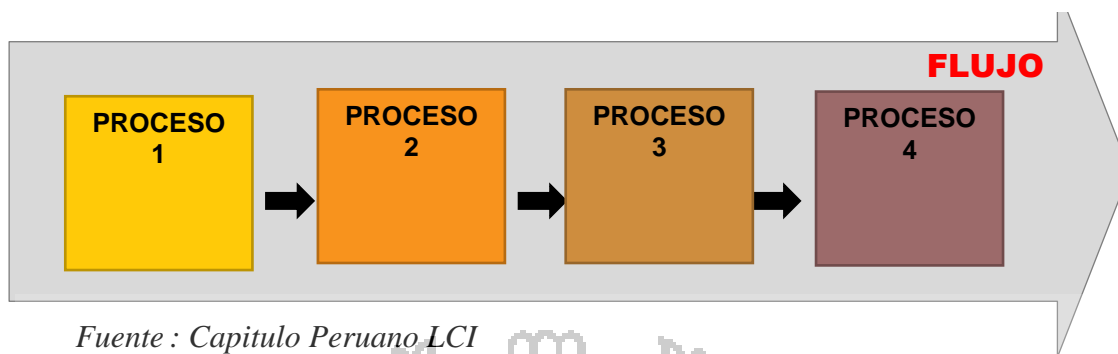
- **Sistema Last Planner:** Esta herramienta tiene mayor importancia para proyectos de edificaciones donde la variabilidad es menor y un poco más controlable, este sistema logra asegurar que lo planificado se ejecute con mayor probabilidad de éxito, es decir incrementa la confiabilidad de la construcción.

#### 2.2.2.2. LOGRAR FLUJOS EFICIENTES

Es el segundo objetivo que se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción y el tren de actividades.

- **Física De Producción:** se utilizan conceptos de la teoría de restricciones según los cuales se debe de balancear los flujos entre procesos porque todo el sistema está restringido por el proceso que genera el menos flujo y es dicho proceso el que determina la capacidad de producción del sistema.
- **Tren De Actividades:** propone la división de la cantidad de trabajo en partes iguales que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo balanceando adecuadamente los recursos y estableciendo una secuencia lineal de actividades.

FIGURA 5: Modelo de Flujo con Flujos Eficientes



Fuente : Capitulo Peruano LCI

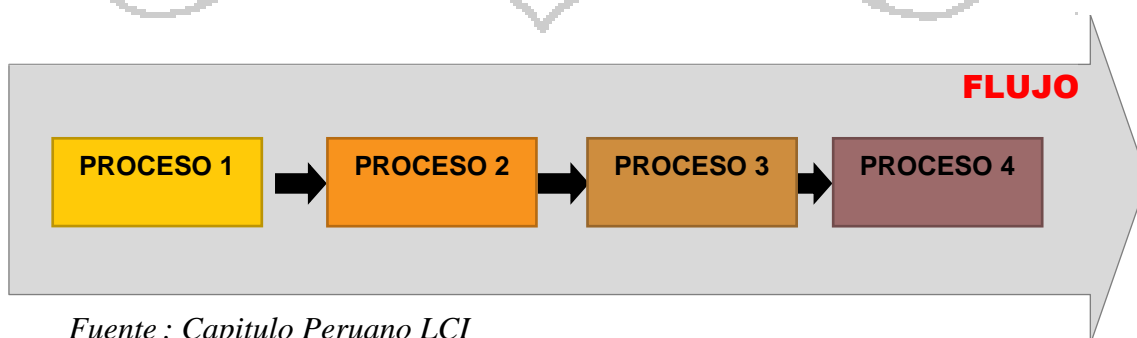
Al aplicar las herramientas mencionadas se obtendrá el flujo del sistema que se muestra en la imagen, según el cual se tiene un flujo continuo y simétrico entre los procesos cumpliendo así el segundo objetivo.

### 2.2.2.3. LOGRAR PROCESOS EFICIENTES

Con los objetivos anteriores cumplidos el tercer paso para lograr el sistema de producción efectivo que busca la filosofía Lean Construction es lograr que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos con las herramientas que propone la filosofía Lean.

Optimización de Procesos: las herramientas que se propone para lograr esta optimización en cada proceso son las cartas de balance y el nivel general de actividad, a partir del uso de dichas herramientas se puede entender el estado de un proceso y la manera de optimizarlo.

FIGURA 6: Modelo de Flujo con Procesos Eficientes



Fuente : Capitulo Peruano LCI

Como se aprecia en la imagen lo que se gana con este último objetivo es dimensionar adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo con procesos eficientes y por lo tanto el flujo dentro del sistema también lo será.

### 2.2.3. PRODUCTIVIDAD

Existen varios conceptos de productividad, RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012) Cita a Serpell (1999) quien sostiene que la productividad es “una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”.

También GHIO CASTILLO (2001), define como una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Lo que significa que una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos.

Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades:

- **Trabajo Productivo (TP):** Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc.
- **Trabajo Contributorio (TC):** Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, leer planos, transporte de material, etc.

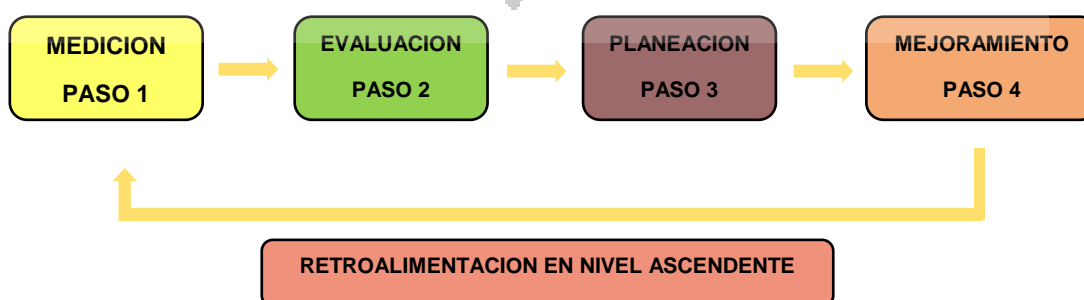
- **Trabajo No Contributorio (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, etc.

#### 2.2.4. EL CICLO DE LA PRODUCTIVIDAD

Tiene como finalidad obtener el Mejoramiento de la productividad

1. **Medición:** en el campo (obra), tomamos datos de la producción diaria de cada cuadrilla de trabajo, así como las horas trabajadas.
2. **Evaluación:** en base a los datos anteriores calculamos las productividades reales diarias y luego lo dividimos cada valor entre la productividad base para determinar los correspondientes índices de productividad diario. Luego lo graficamos, teniendo como ejes de abscisas (eje x) el tiempo y en el eje y (ordenada) los índices de productividad (IP).
3. **Planeación:** de los niveles futuros de productividad (metas).
4. **Mejoramiento:** implantación de metodología planeada para mejorar, como una mejor distribución de los insumos, distancias mínimas para acortar el tiempo de transporte.

FIGURA 7: Ciclo de la Productividad



Fuente: Fuente: Rodríguez Castillejo, (2012)



### 2.2.5. VARIABILIDAD

RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), define la variabilidad para el caso de los proyectos de construcción como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos al sistema, está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto.

Según los lineamientos de la filosofía Lean Construction las metas de nuestra producción son producir el producto, maximizando los desperdicios y minimizando las perdidas, la manera de minimizar las perdidas como primer paso para conseguir las 2 primeras metas es el correcto manejo de la variabilidad que es la principal fuente de desperdicios en la construcción (Baja productividad, trabajos no óptimos, paras en los procesos, etc.)

Por todo lo expuesto se entiende que se tiene que hacer algo para atacar la variabilidad, el primer paso debería ser disminuirla a medida de lo posible para tener una variabilidad mínima, luego de esto se tienen que plantear herramientas dentro de la obra para disminuir el impacto negativo que genera.

### 2.2.6. JUST IN TIME

El Just in time (justo a tiempo) tiene una ideología simple, que el inventario es una perdida para la producción porque incurre en costos innecesarios, por tal motivo este modelo de gestión de recursos que está basado en los principios del Lean Production trata de minimizarlo al máximo gestionando adecuadamente el abastecimiento de materiales. GHIO CASTILLO (2001), "Just in time es un sistema para la producción o suministro de la cantidad correcta de materiales o productos en el momento justo que es

necesario para la producción”. RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), Hace una definición simple de lo que propone este modelo de gestión de recursos se puede decir que el enfoque del Just in time es “Tener el material adecuado, en el momento adecuado, en el lugar correcto y en la cantidad exacta”. Implementar la ideología del Just in time en las obras del Perú y en particular de Lima, requiere de un arduo trabajo en la planificación por parte de la obra y en la búsqueda de proveedores serios que tengan interés de practicar esta metodología como política de funcionamiento en su propia empresa, ya que como sabemos los proyectos de construcción dependen en gran parte de los proveedores que nos abastecen de material y aunque existan medios para gestionar adecuadamente los recursos a utilizar en obra como por ejemplo el Lookahead, combinarlo con la ideología que presenta el Just in Time sería asumir demasiados riesgos porque estamos poniendo el avance de obra en las manos de los proveedores y dependemos del tipo de servicio que ellos brindan el cual siempre es distinto al que prometen y además nos exponemos a los efectos de la variabilidad que en general la filosofía Lean Construction busca reducir.

### 2.2.7. CURVA DE APRENDIZAJE

RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), indica que el concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por T.P. Wright en 1936 en un estudio de tiempos requeridos para hacer piezas de aviones, en este estudio se observó que a medida que el trabajo se realiza los trabajadores van adquiriendo mayor experiencia en las labores y por consiguiente el tiempo de ejecución del trabajo se reduce. Wright encontró una relación entre el porcentaje de aprendizaje y la disminución de tiempos en el trabajo asignado, nos dice que cuando una persona haga el trabajo el doble de veces ( $2n$ ) el tiempo de ejecución se verá reducido al porcentaje de aprendizaje.

Finalmente cabe mencionar que este concepto es muy utilizado por el Lean Construction, ya que se enfoca en asignar trabajos

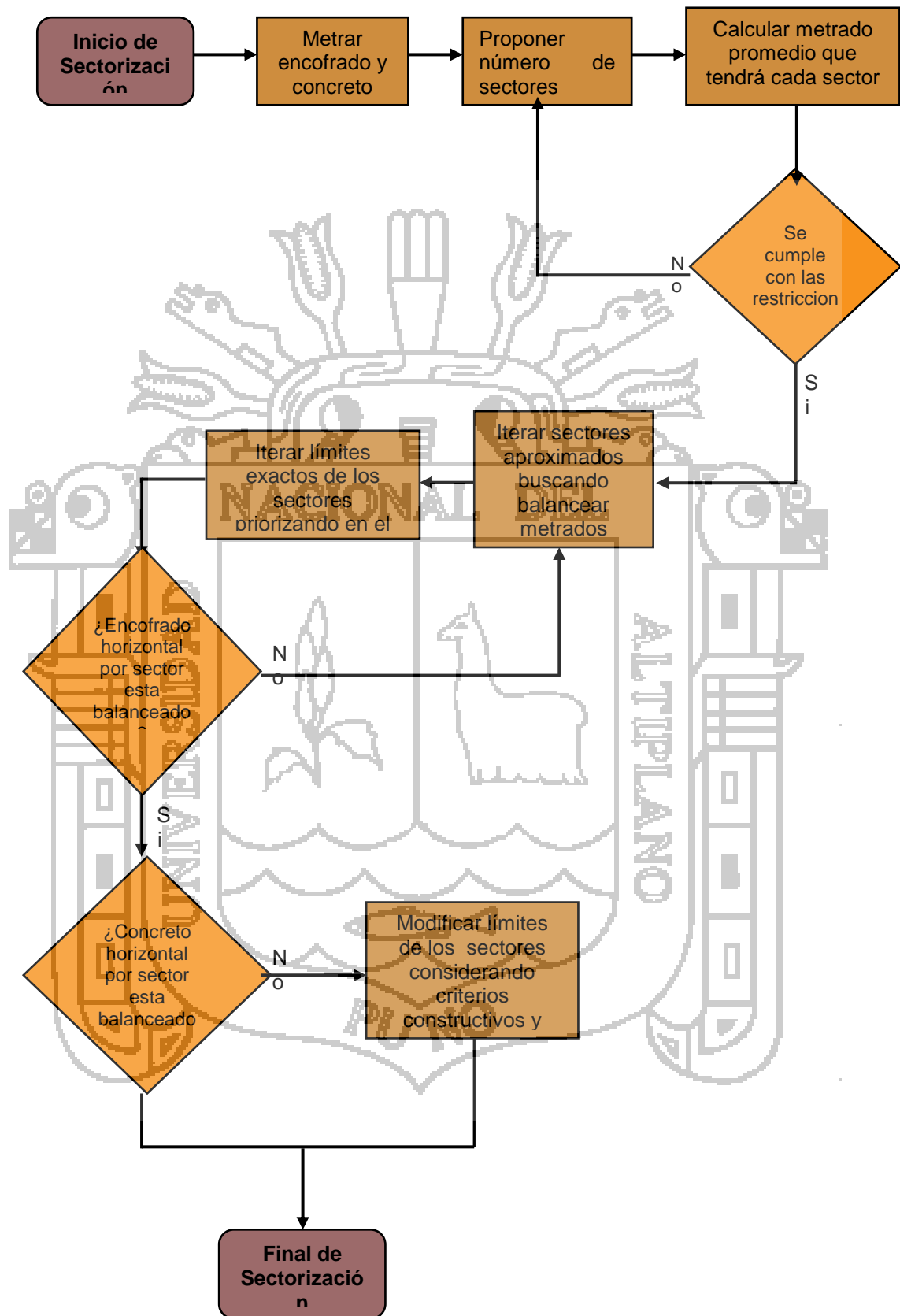
específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar este concepto.

### 2.2.8. SECTORIZACION

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día.

SERPELL (1993), indica que : “La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción”.

La sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje.



Fuente : Elaboración Propia

### 2.2.9. TREN DE ACTIVIDADES

GHIO CASTILLO (2001), Comenta que el tren de actividades es una metodología similar a las líneas de producción en las fábricas, en las cuales el producto avanza a lo largo de varias estaciones transformándose en cada una de ellas. Para el caso de la construcción que no es una industria automatizada como las fabricas y no se tiene la posibilidad de mover el producto a lo largo de varias estaciones se creó el concepto de tren de actividades, según el cual las cuadrillas de trabajo van avanzando unos tras otros a través de los sectores establecidos anteriormente en el proceso de sectorización, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, además de poder identificar fácilmente los avances a través de la ubicación de las cuadrillas en un sector determinado.

Como principales ventajas de la aplicación de los trenes de trabajo se tiene:

- Incrementa la productividad.
- Mejora la curva de aprendizaje.
- Se puede saber lo que se avanzara y gastara en el día.
- Se puede saber el avance que se tendrá en un día determinado.
- Disminuye la cantidad de trabajos rehechos.

### 2.2.10. BUFFERS

ALARCON & GONZALES, (2003), indica que; El planeamiento y la programación en los proyectos de construcción son fundamentales para el éxito de cada proyecto, ya que definen la secuencia, ritmo y duración de todos y cada uno de los procesos constructivos que engloba el proyecto. Sin embargo, las técnicas de programación convencionales no han abordado eficientemente la naturaleza variable de los proyectos, lo que se traduce en retrasos y mayores costos. Aunque ya se está usando la metodología propuesta por la filosofía Lean Construction a través del Last Planner (HERMAN

GLENN, 1994) que reduce considerablemente los efectos de la variabilidad para el proyecto, pero aun existe cierta variabilidad que no se puede controlar mediante esta herramienta y es por eso que se plantea el uso de Buffers para contrarrestar los efectos de la variabilidad que escapan del sistema Last Planner.

RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), "Se entiende como Buffer un colchón o amortiguador, como sería su traducción al español, que se tiene como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad en la construcción".

Los Buffers pueden ser de 3 tipos:

#### 2.2.10.1. Buffer de Inventario:

El Buffer de inventario es muy común en los proyectos de construcción y es necesario debido a la poca confiabilidad que tienen los proveedores de este rubro. Se entiende como buffer de inventario el tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para evitar que el flujo se detenga ante la falla en la entrega de algún recurso.

#### 2.2.10.2. Buffer de Tiempo

El Buffer de tiempo representa generar un colchón de tiempo para el proyecto que se pueda usar en el caso de que haya complicaciones y de esa manera no salirnos del plazo establecido. En el caso de los proyectos de la empresa EDIFICA es común el uso de este tipo de Buffers, ya que en nuestras programaciones solo se cuentan 5 días útiles por semana (Lunes a Viernes) dejando el día sábado como un Buffer de tiempo para realizar los trabajos que no hayan sido cumplidos en los 5 días contados en la programación y de esta manera mejorar el porcentaje del PPC que se mide con el Last Planner.

### 2.2.10.3. Buffer de Capacidad:

Los Buffers de Capacidad son principalmente partes o partidas no críticas de la obra que se dejan de programar o realizar según el curso normal del proyecto para que se realicen cuando sea necesario un lugar de trabajo para el personal debido a la falta de frente o para colocar los materiales excedentes. En el caso de la empresa EDIFICA se usa este tipo de Buffer en varias actividades como por ejemplo se deja la nivelación del último sótano para ocasiones en las que no se tenga un frente de trabajo para una determinada cuadrilla y para no perder las horas de ese personal se le asigna dicha actividad. Además también se tiene el vaciado de la losa del último sótano y el ducto de monóxido como otro Buffer de Capacidad para usarlo en el caso de que se haya excedido el pedido de concreto premezclado o que no se tengan listos los elementos a vaciar, así el concreto no se desperdicia y no genera pérdidas para el proyecto.

Los Buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos de producción en construcción, sin embargo, no existen modelos analíticos que dimensionen tamaños de Buffers óptimos, ni metodologías que los administren adecuadamente. El uso de tamaños de Buffers óptimos facilitará el desarrollo de programas de construcción de mayor capacidad predictiva, así como también, una adecuada administración de éstos mejorará el flujo de producción en terreno en los proyectos. Sin embargo, se tiene que realizar un arduo trabajo para elaborar procedimientos óptimos de dimensionamiento de Buffers.

### 2.2.11. LAST PLANNER SYSTEM (SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR)

GHIO CASTILLO (2001), El Last planner system es una herramienta de la filosofía Lean Construction que se ubica dentro en la fase de control de la producción y engloba otras herramientas de control de producción como la planificación maestra, planificación por fases, lookahead, plan semanal, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento.

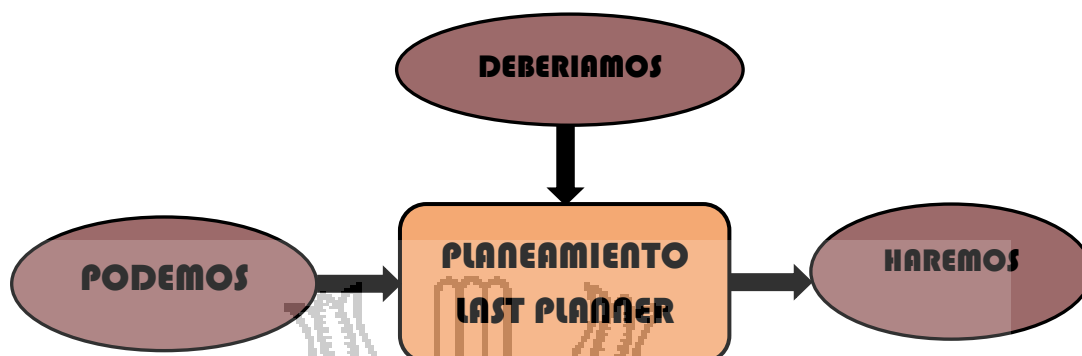
RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), Basándose en la teoría Lean Production, Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado “Last Planner System”, este sistema fue publicado por primera vez por Glen Ballard (1994)<sup>10</sup> como herramienta para contrarrestar los principales obstáculos en la construcción, que para los autores son:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo.
- La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
- No se hacen mediciones del desempeño obtenido.
- No se analizan los errores de programación ni las causas que las originan.

ALARCON GARDENAS (2003), define que; El “Last Planner” o ultimo planificador es el que ejecuta el LPS, se define como la persona o grupo de personas que tienen la función específica de asignar el trabajo y transmitirlo directamente a campo, es decir están en el último nivel de planificación y se encargan de que toda la planificación se transmita efectivamente a los trabajadores de campo. Adicionalmente la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer coincida con lo que podemos hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos a hacer. Esto se puede relacionar con el siguiente esquema.



FIGURA 9: Formulación de las Asignaciones en el Planeamiento LP



*Fuente : (Ballard, 2000)*

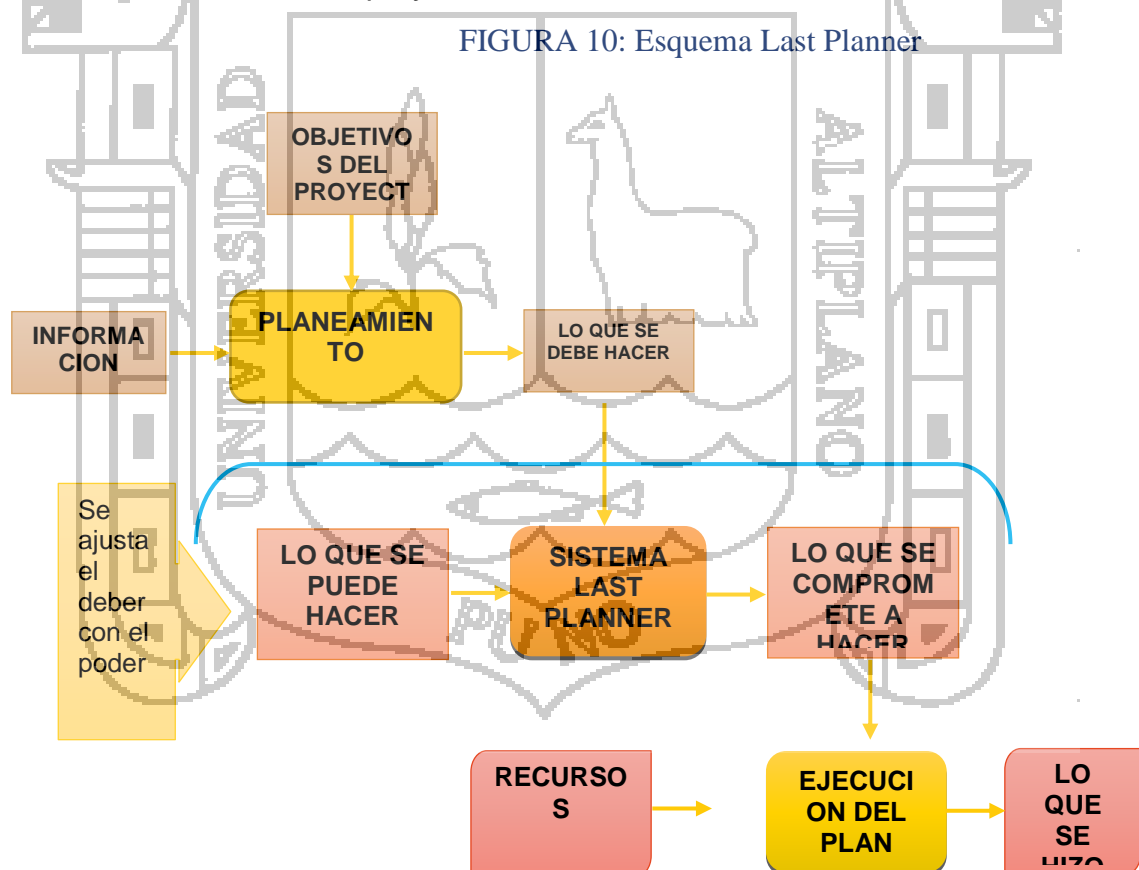
Según RODRIGUEZ (2012), “en los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción, se invierte mucho tiempo y dinero generando presupuestos y planificaciones de obra; el esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en un esfuerzo de control. Todo funcionaría bien si viviésemos en un mundo perfecto”. Pero, como se sabe la planificación suele desviarse de lo propuesto prácticamente el primer día de la obra causando un efecto dómimo y perjudicando las actividades siguientes, por esto se genera la necesidad de replanificar gran parte del proyecto, al ir disminuyendo las holguras. Dentro de la planificación general se genera una presión mayor por terminar más rápido, esto hace que los costos de mano de obra y equipos suban radicalmente trayendo como consecuencia, el uso de una gran cantidad de recursos por lo que se obtiene una eficiencia muy baja para lograr terminar la obra en los plazos establecidos.

La teoría del último planificador está enmarcada en un esquema de planificación a corto plazo con el fin de asignar trabajos que tengamos la seguridad de que serán cumplidos y a través del cumplimiento de las programaciones cortas se pueda cumplir la programación a largo plazo. Está demostrado que las planificaciones con un horizonte muy grande generalmente no se cumplen y existe desconfianza sobre estas, ya que los trabajos en obra tienden a desviarse de la programación a unos días de haber empezado. El modelo de Last Planner se puede decir que actúa como un escudo

que ayuda a convertir una planificación insegura en una planificación confiable, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

GHIO CASTILLO (2001), indica que Ballard buscaba que el Last Planner no sea solo una herramienta de programación sino también de control, por lo cual también adjunto al modelo Last Planner el PPC (plan percent complete) para verificar el cumplimiento de las programaciones semanales y medir la eficiencia de la planificación operacional así como el valor real de confiabilidad del proceso de planificación y programación en un determinado proyecto. En la primera publicación que se hizo sobre last planner, Ballard planteo un esquema en el cual se observa como interviene el Last Planner en la planificación de una obra, los cambios y mejoras que esto representa para toda la planificación y por consiguiente para el desarrollo del proyecto.

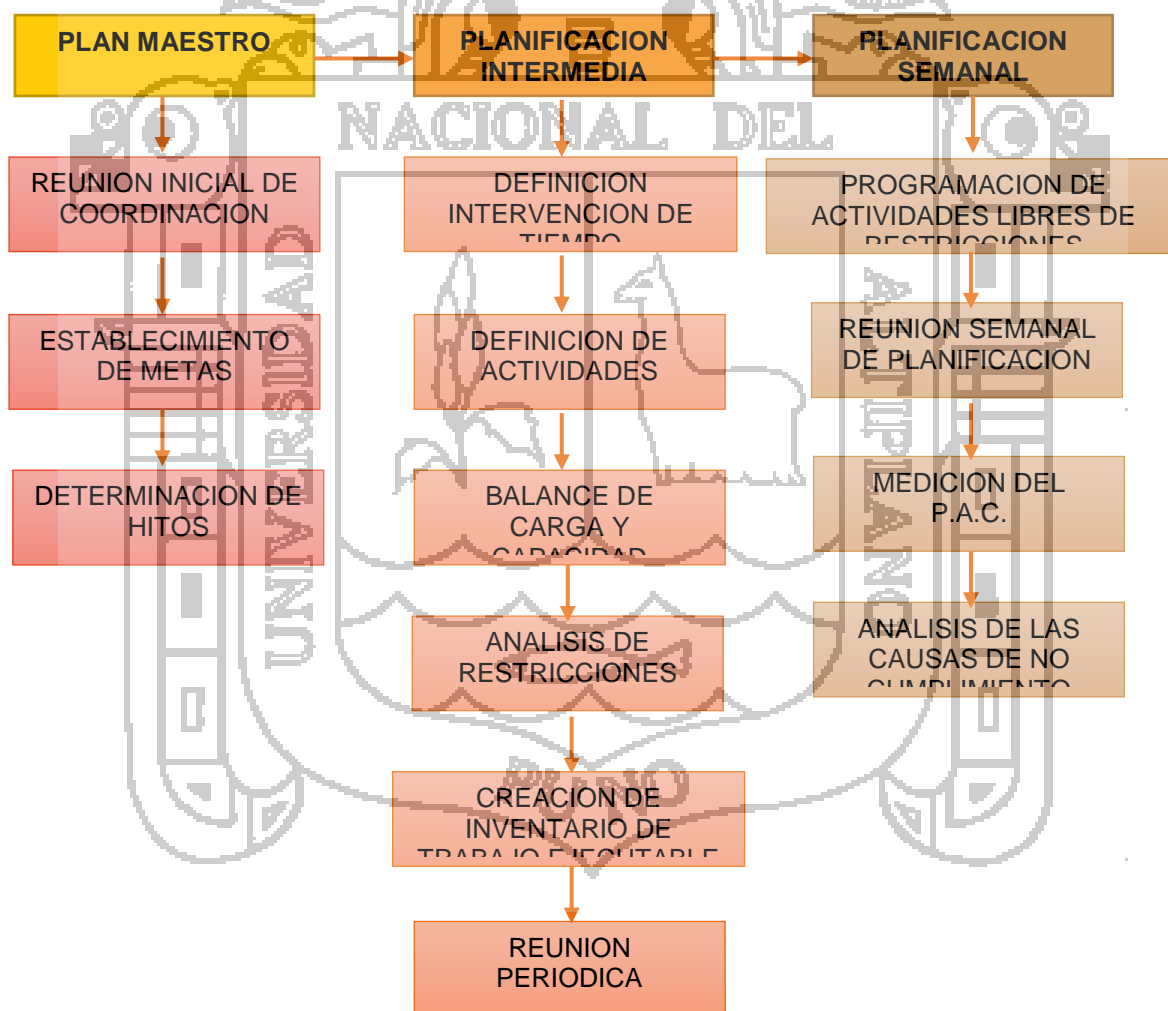
FIGURA 10: Esquema Last Planner



Fuente : (V. Ghio, 2001)

El último planificador proporciona las herramientas para que la programación a largo plazo sea cumplida con éxito, empieza acortando la programación en una de mediano plazo llamada “lookahead”, la cual varía entre periodos de 3 a 5 semanas, además aquí se hace un análisis de las restricciones que presentan las actividades dentro del programa y luego se pasa a una programación más corta que es la semanal, a la cual se llevan todas las actividades libres de restricciones extraídas del lookahead, esto hace que se pueda tener la certeza de que no habrá inconvenientes para cumplir con la programación establecida en la semana.

FIGURA 11: Estructura fundamental del Last Planner



Fuente : (V. Ghio, 2001)

### 2.2.12. PLANIFICACIÓN MAESTRA

“La planificación maestra o master Schedule es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas”. (GHIO CASTILLO, 2001, p. 105)

A menudo es la base para los acuerdos contractuales entre el cliente, contratista y otros miembros del equipo de trabajo del proyecto.

Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de mediano y corto plazo, por lo tanto es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real de la empresa en obra.

### 2.2.13. PHASE PLAN O PULL PLAN (PULL PLANNING)

LCI ( 2015), indica que, La programación por fases es usada para desarrollar un planeamiento de trabajo más detallado que el cronograma general de obra que especifica hitos en cada fase importante del proyecto. En la programación por fases se analiza los trabajos a realizarse para cumplir con el hito, las interacciones entre los distintos especialistas involucrados en la fase y los entregables de cada responsable. Los entregables o restricciones establecidas en el programa de fase quedan como acuerdos que tiene que cumplir todo el equipo de trabajo.

La planificación de la fase se realiza bajo técnicas “pull” (realizar solo el trabajo que sea necesario para una actividad sucesora), para esto se inicia la planificación desde la fecha de entrega hacia atrás, logrando así realizar solo el trabajo que será necesario para trabajos inmediatamente siguientes, con esto se logra enfocarnos en los trabajos que agregan valor y reducir la sobreproducción (uno de los 7 tipos de desperdicios) que genera inventario de trabajo ejecutable.

La metodología establecida por el LCI para realizar la programación por fases se basa en hojas o post it que se colocan a lo largo de una pizarra en la cual se detallan las fases y el tiempo del proyecto, cada post it representa una actividad o restricción que debe ser liberada para poder continuar con los trabajos, estos se colocan en la pizarra con un responsable, una fecha de entrega y un requerimiento ya sea de trabajo o información.

Para realizar la programación por fases primero se debe establecer la secuencia lógica de actividades según el proceso constructivo y ordenar los post it de la pizarra acorde a esa secuencia, luego se debe determinar la duración de cada actividad puesta en la pizarra para establecer la duración total de la fase (se debe colocar el tiempo real o ideal de cada actividad, sin incluir holguras). Una vez establecido esto el equipo de trabajo debe reexaminar en plan en cuanto a la lógica del proceso y la duración de actividades para definir la holgura de la fase y qué hacer con ella, para esto se tienen 3 opciones (1. Asignarlo a la actividad o actividades con mayor potencial de variabilidad, 2. Retrasar el inicio de la fase, 3. Acelerar el inicio de la fase). Finalmente si el tiempo establecido para la fase es menor al hito se debe reprogramar el hito y buscar recuperar el tiempo en otras fases.

El beneficio principal de esta metodología es que convierte la planificación “impuesta” que antes era desarrollada por el ingeniero de producción y/o ingeniero residente en una planificación colaborativa, es decir todos los involucrados participan activamente de la creación, modificación y ejecución de la planificación. Con esto se logra que todos se sientan involucrados con la producción y se incrementa la confiabilidad del plan.

### 2.2.13.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANIFICACIÓN

#### POR FASES:

Según Alarcón (2008), se sigue el siguiente proceso:

1. **Definir la estructura:** Se tiene que definir los sectores, actividades, equipos y responsables de la fase para poder establecer cómo se llevara la planificación.
2. **Armar el panel:** Se deberá armar el panel incluyendo en el eje de los verticales todas las actividades involucradas en la fase y en el eje horizontal el tiempo que normalmente se controla por semanas.
3. **Desarrollar la planificación**
  - Alarcón establece 7 pasos para desarrollarlo:
    1. Definir y presentar la fase
    2. Recorrer el plan de fin a inicio. Registro de la información.
    3. Recorrer y reexaminar la lógica del plan. Lluvia de ideas.
    4. Factibilidad de la lluvia de ideas. Separación de buffers/holguras.
    5. Revisar el plan con nuevas duraciones.
    6. Administrar el tiempo en función de la incertidumbre
    7. Resumir el trabajo realizado y los acuerdos alcanzados con el equipo.
4. **Reexaminar el programa:** En esta parte se debe agregar las holguras y reajustar el plan general, determinar nuevas duraciones de actividades, detectar restricciones importantes y finalmente resumir el trabajo realizado y los acuerdos tomados por el equipo.
5. **Revisar las restricciones:** Los post it agregados a la pizarra representar actividades (algunas pueden convertirse en restricciones), pero para que se cumplan las actividades y por consiguiente el plan se tienen restricciones, en esta parte se trata de identificar dichas restricciones para asegurar el flujo según lo planeado
6. **Cumplir los acuerdos:** La esencia de la programación por fases es que los acuerdos hechos por el equipo de trabajo conjunto tienen la fuerza de un contrato.

#### 2.2.14. LOOK AHEAD PLAN

GHIO CASTILLO (2001), “el lookahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto)”(p.,112). El Lookahead plan es actualizado cada semana y siempre identifica las actividades nuevas que ingresan al plan (6 semanas después) para que de esta manera el equipo de gestión del proyecto pueda adoptar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo esté listo para ejecutarse en la semana indicada. Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados en el futuro. Para poder cumplir con su finalidad el lookahead no solo incorpora una programación de las actividades a realizar en el periodo determinado para el lookahead, sino también se incorporan los requerimientos que harán posible que las actividades del plan pasen a la programación semanal. Frecuentemente se suele suponer que los factores que siempre nos afectan son externos y están fuera de nuestro control, pero lo cierto es que la mayoría de los factores que afectan a las obras dependen de nosotros. En ese sentido el Lookahead planning logra que tomemos el control de forma anticipada del impacto generado en nuestra producción por la mano de obra, materiales, equipos, información, etc. Es decir planificaremos la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos. Según Ghio (2001) un porcentaje considerable de los factores que afectan la eficiencia y la productividad en las obras tienen como causa fundamental el no contar con los recursos necesarios en el momento que se requieren.



### 2.2.15. INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (WORKABLE BACKLOG)

ORIHUELA (2008), desarrolla que; Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no sólo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común ya que la idea es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar en caso que falle la realización de alguna actividad considerada en el programa semanal. No hay que ser siempre tan negativos y podemos ponernos en el caso que las actividades programadas se cumplan antes de lo esperado. Esto también puede ser un foco de tiempo ocioso para la unidad si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar. Entonces, teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, puedo elegir qué haré desde un universo de lo que puedo hacer.

### 2.2.16. PROGRAMACIÓN SEMANAL (WEEKLY WORK PLAN)

KOSKELA (1992), La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del Inventario del Trabajo Ejecutable. Las metodologías de medición que aplica el lean están basadas



principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC (porcentaje de plan cumplido), por consiguiente es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes.

- Levantar restricciones en el lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados.

### 2.2.17. PROGRAMACIÓN DIARIA

ROJAS VERA (2005), señala que; La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema last Planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente.

“La programación diaria al ser una programación que va de la oficina técnica de la obra al campo tiene que tener características distintas a las anteriores, ya que se necesita que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera grafica en pequeños planos separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera

textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación”.

### 2.2.18. LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES (THEORY OF CONSTRAINTS)

RODRIGUEZ CASTILLEJO (2012), menciona que, A principios de los años 1980 el Dr. Eliyahu Goldratt, escribió su libro “La Meta” y empezó el desarrollo de una nueva filosofía de gestión llamada “Teoría de Restricciones” (TOC por sus siglas en inglés). La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”.

En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas<sup>16</sup>. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son

totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

## 2.3. MARCO REFERENCIAL

### 2.3.1. MARCO REFERENCIAL INTERNACIONAL

#### TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

OHNO (1988), Los primeros pensamientos de Lean Construction como filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón cerca del año 1950, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS- Toyota Production System) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno. La idea fundamental en el sistema de producción de Toyota era la producción de cantidades de productos relativamente pequeñas a un costo muy bajo, empleando los conceptos de eliminación del desperdicio y la mejora continua.

Los resultados del sistema que aplicaba Toyota habían pasado las fronteras del país asiático y se había expandido por todo el mundo, los buenos resultados del sistema hicieron que Toyota le quite mercado a las empresas automotrices americanas, por lo cual a finales de los años 80 una comitiva de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron Lean manufacturing o Lean Production y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo.

El lean Production es una filosofía aplicable al sector industrializado y se enfoca principalmente en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobreproducción, inventario, tiempo de espera, etc.), además tiene nuevas metodologías que brindan resultados de productividad mucho mayores a los que se tenían en esa época

Introduciéndonos en el campo de la construcción y a los típicos problemas que esta industria presenta, como programaciones poco

confiables o erradas, exceso de desperdicios y una inadecuada administración de los recursos. Se han hecho muchos esfuerzos por mejorar los problemas en la administración general de proyectos de construcción, es así que en busca de una solución a esto en 1992 el ingeniero irlandés Lauri Koskela publica un documento llamado “Application of the New Production Philosophy to Construction”; donde se muestran los primeros acercamientos de la filosofía del “Lean Production” a la construcción, sistematizando los conceptos más avanzados de la administración moderna (Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo) que junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras proponiendo en su tesis una nueva filosofía de Control de Producción.

Tal como se mencionó en el anterior punto, el inicio para la nueva filosofía de producción se dio con la Toyota Production System (TPS), al cual se le denominó una “filosofía de excelencia” y que se basa en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- La mejora consistente de la Calidad y de la Productividad.
- El respeto por el trabajador.

La razón de buscar una nueva filosofía era para conseguir un método de producción más eficiente, mediante la identificación y eliminación de desperdicios (MUDA en japonés, o WASTE en inglés), y el análisis de la cadena de valor, para finalmente conseguir un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que sea necesario. Es decir, tener la flexibilidad y fiabilidad necesarias para fabricar en cada momento lo que pide el cliente. Ni más, ni menos.

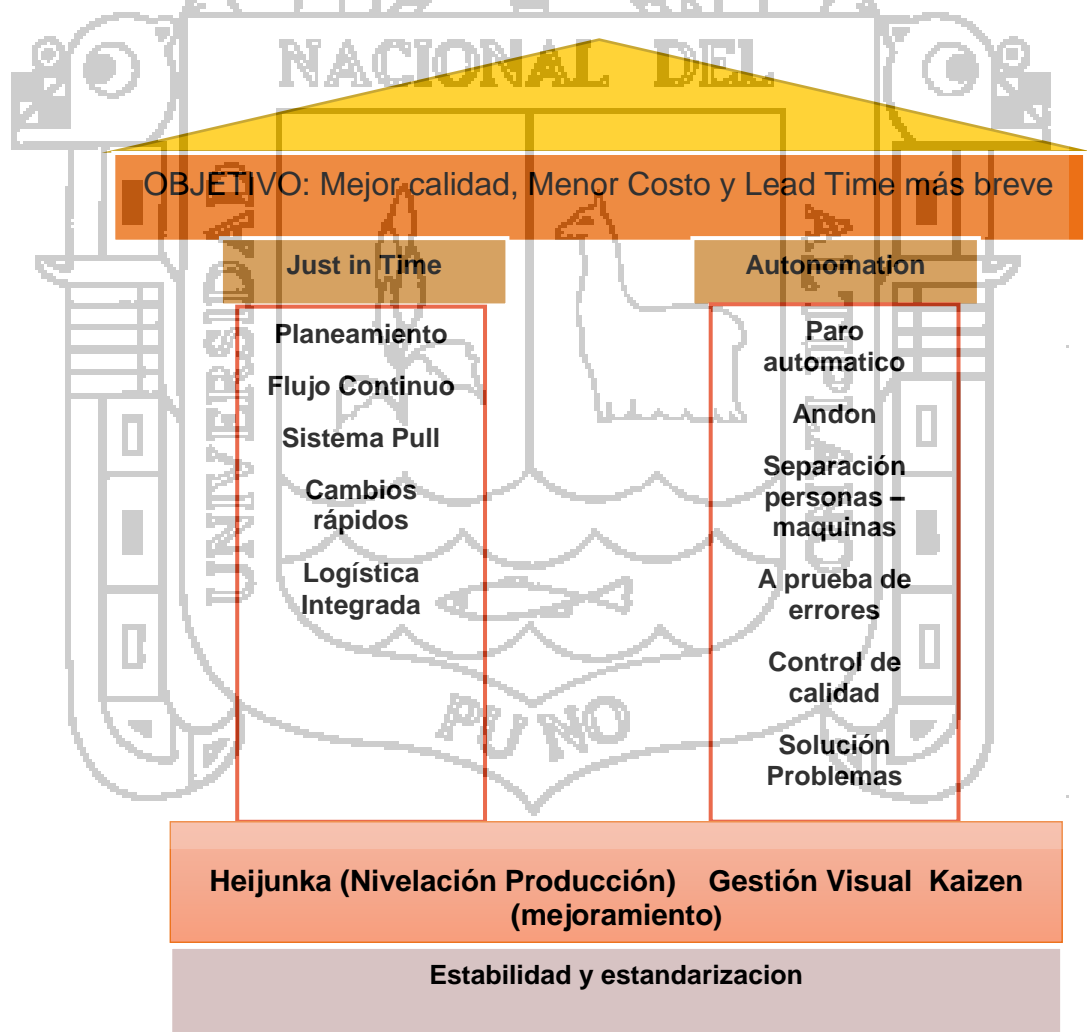
Las ideas básicas del sistema de producción de Toyota fueron (Max T. Rossi, 2008):

- La eliminación del inventario y pérdidas.
- La disminución del desperdicio presente en los procesos.

- La cooperación con los diferentes proveedores.
- El respeto por el trabajador.
- Limitación de la producción a pequeñas partes.
- Reducir o simplificar su estructura de producción

El TPS se conceptualiza con una estructura con dos columnas que sostienen a la edificación, las cuales son la producción Just-in-Time (JIT) y Jidoka (Automatización con un toque humano), tal como se visualiza en el siguiente esquema:

FIGURA 12: Toyota Production System (TPS)



Fuente: Max T. Rossi, 2008

## **LAST PLANNER, UN AVANCE EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **ESTUDIO DEL CASO DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

Lean Construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Para contribuir a tal fin, Ballard y Howell diseñaron un nuevo sistema de planificación y control denominado Last Planner, con cambios fundamentales en la manera como los proyectos de construcción se planifican y controlan. El objetivo de este artículo es divulgar los resultados de la aplicación del sistema Last Planner en proyectos de construcción en Medellín durante 2003, como parte de la investigación, Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción. Los resultados obtenidos muestran una tendencia al mejoramiento cada vez que se aplica el sistema, de acuerdo con el indicador PAC (porcentaje de asignaciones completadas).

### **IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA CONSTRUCCIÓN.**

#### **COLOMBIA**

Como resultado de la Investigación Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda de interés social (VIS), a través de la filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas); este artículo pretende difundir los conceptos y aplicaciones de la nueva filosofía de gestión en la construcción, que pueden ser aplicados por las empresas constructoras, identificando las pérdidas del proceso productivo, como punto de partida en la búsqueda del mejoramiento de su desempeño.

## **BUFFER DE PROGRAMACIÓN: UNA ESTRATEGIA COMPLEMENTARIA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN.**

### **CHILE**

Los programas de construcción son fundamentales para el éxito de los proyectos de construcción ya que definen la secuencia, ritmo y duración de sus procesos productivos. Sin embargo, las técnicas de programación actual no han abordado eficientemente la naturaleza variable de estos procesos, lo que se traduce en interferencias, retrasos y mayores costos para un proyecto. Aunque existen técnicas basadas en Lean Production, como el Último Planificador, que reducen la variabilidad a niveles razonables, en muchos proyectos no se aplican estas técnicas o bien existe variabilidad que aún no se controla. En este trabajo se plantea el uso de Buffers de Programación como estrategia complementaria para proteger de la variabilidad a los procesos de producción en los proyectos de construcción, para la cual no han sido tomadas las suficientes acciones. En esta línea se propone una Metodología para la Administración de Buffers de Programación en Proyectos Repetitivos y se exponen sus aspectos conceptuales principales. Este artículo aborda: la temática de la variabilidad en construcción, las principales técnicas de control y programación de proyectos, las más relevantes investigaciones sobre Buffers en construcción, y los elementos conceptuales de la Metodología para la Administración de Buffers propuesta. La revisión de la literatura demuestra que los Buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos de producción en construcción, sin embargo, no existen modelos analíticos que dimensionen tamaños de Buffers óptimos, ni metodologías que los administren adecuadamente. El uso de tamaños de Buffers óptimos facilitará el desarrollo de programas de construcción de mayor capacidad predictiva, así como también, una adecuada administración de éstos mejorará el flujo de producción en terreno en los proyectos.



### 2.3.2. MARCO REFERENCIAL NACIONAL

#### WESTIN LIBERTADOR

#### APLICACIONES DE LEAN CONSTRUCTION EN NUESTRO PAÍS

En 1999, GyM, la constructora del Grupo Graña y Montero, decidió iniciar la aplicación de metodologías Lean en dos proyectos de gran envergadura: el mercado mayorista Minka, en el Callao y el edificio Latino (Ripley, en San Isidro). Desde entonces, GyM hizo suya la filosofía Lean como fundamento para la gestión de sus proyectos. Doce años han transcurrido desde la culminación de estas importantes obras y muchos conceptos maduraron. Es así que, cuando la constructora ganó el concurso privado para la construcción del Hotel Libertador Westin, el más alto del país, ya se habían desarrollado las herramientas y metodologías necesarias para garantizar la creación de valor en los clientes. Para todos sus proyectos, y este no sería la excepción, GyM estableció una Rutina de Programación. Este método permite generar espacios de coordinación necesarios para garantizar el flujo de la obra, maximizando los beneficios obtenidos de las herramientas de programación establecidas por la metodología Lean, la misma que promueve que el ingeniero de producción dedique su tiempo de trabajo de campo para programar, a diferencia con la visión tradicional que exige su permanencia al 100% en el campo. La Rutina de Programación se puede llevar a cabo con algunas herramientas. Por ejemplo la Look Ahead, un listado detallado de actividades programadas en un periodo determinado de tiempo. También está el Análisis de Restricciones, listado de coordinaciones previas que deben realizarse para que una actividad pueda ser ejecutada. Por otro lado, también se encuentra el Plan Semanal, en el que se programan las actividades del look ahead que estén listas para ejecutarse. Finalmente, el Porcentaje de Plan Cumplido evalúa el cumplimiento de la programación semanal y el Análisis de Causas de Incumplimiento registra estadísticamente las estas causas con el objetivo de tomar acciones correctivas. De esta manera, GyM inició la construcción del Hotel Westin Libertador, desarrollado en un área de 7,543 m<sup>2</sup>. La construcción posee una torre vidriada con fachada tipo integral (curtain wall) facetada en sus



cuatro caras. Posee 30 pisos y cuatro niveles de estacionamiento. Todo el conjunto comprende el hotel 5 estrellas, con centro de convenciones y 301 habitaciones.

## 2.4. MARCO HISTORICO

### 2.4.1. RESEÑA HISTORICA: LEAN CONSTRUCTION

La nueva filosofía para la construcción “Lean Construction” nace de una nueva tendencia que se dio en las industrias, y que se conoció como “Lean Production”. Para llegar a esta nueva filosofía en la producción, nos remontaremos a los inicios de los estudios para las mejoras en las empresas manufactureras y automotrices que se dieron a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.

La tendencia de mejora en las empresas manufactureras viene desde finales de 1890 teniendo a Frederick W. Taylor como uno de los representantes más importantes de esta época quien innovó estudiando y difundiendo la administración científica del trabajo, y funda el movimiento conocido como “Administración Científica del Trabajo” cuyo pensamiento se basa en la eliminación de las pérdidas de tiempo, de dinero, etc., mediante un método científico. Taylor afirmaba que "el principal objetivo de la administración debe ser asegurar el máximo de prosperidad, tanto para el empleador como para el 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 contemporáneos iniciaron con los primeros conceptos de eliminación de desperdicio de tiempo y el estudio de movimientos.

En cuanto a las empresas automotrices en 1910, Henry Ford, inventa la línea de montaje para el Ford T el cual era un producto estándar. Posteriormente Alfred P. Sloan introduce a la empresa General Motors el concepto de diversidad en las líneas de montaje, mejorando así el sistema Ford

En los años 30, los encargados de dirigir la empresa automotriz Toyota implementaron una serie de innovaciones en las líneas de producción de tal forma que facilitarían tanto la continuidad en el flujo de materiales como la flexibilidad a la hora de fabricar distintos productos. Luego de la 2da Guerra Mundial la Toyota con sus ingenieros a cargo, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, vieron la necesidad de afianzar lo que implementaron en los años 30's, 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 (TPS).

Así es como esta nueva filosofía de producción surgió en Japón por los años 50 gracias en gran medida al Ing. Taiichi Ohno. La aplicación de esta nueva filosofía se inició con la TOYOTA, en el sistema de producción de esta industria automovilística, pero hasta los años 80's la información de este nuevo pensamiento aún era limitado en el mundo occidental, a pesar de que aproximadamente en 1975 se iniciara la difusión de estas ideas en Europa y Norteamérica debido al cambio que se fue dando en las empresas automotrices. La nueva filosofía que aparece con el Ing. Taiichi Ohno, fue denominado de muchas formas por los años 90's, como la fabricación de clase mundial, producción flexible y nuevo sistema de producción. Pero las más usadas y conocidas son la de Lean Production o Toyota Production System (TPS).

En esa misma época en Finlandia el profesor universitario Lauri Koskela usa de modelo el Lean Production y sistematiza los conceptos del mejoramiento continuo, just in time, etc. Creando así

una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de obras. Esto es propuesto en su tesis de doctorado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992. Estudio que fue realizado durante su permanencia en CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) y financiado por el Technical Research Centre of Finland, the Federation of the Finnish Building Industry y la fundación Wihuri. Así es como inicia esta nueva filosofía en la construcción denominada Lean Construction, gracias a Lauri Koskela y su tesis de doctorado, que dieron el inicio para más estudios y la posterior creación del Lean Construction Institute (agosto 1997).



## CAPITULO III: DIAGNOSTICO MARCO REAL

### 3.1. DESCRIPCION DEL CASO DE ESTUDIO

#### 3.1.1. INFORMACION GENERAL

##### 3.1.1.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El proyecto a se encuentra emplazado dentro de los límites de la ciudad universitaria, propiedad de la universidad nacional del altiplano, el cual se ubica en el sector Nor Este de la ciudad de Puno entre los barrios Llavini, San José, y Alto San José al que antiguamente se le denominaba “Fundo Valderrama”. El proyecto tiene por objeto no solamente la edificación del proyecto sino también la inclusión de partidas que contribuyan a reforzar la estructura, la seguridad y mejorar también la funcionalidad del edificio.

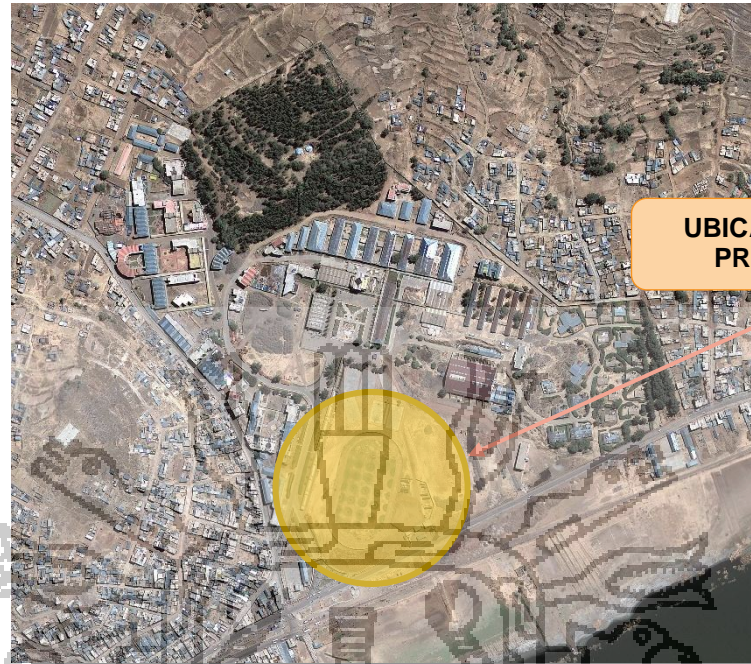
#### UBICACION:

- Departamento : puno
- Provincia : puno
- Distrito : puno
- Ciudad universitaria – UNA PUNO

#### LÍMITES:

- NORTE : Plataformas deportivas de la C.U.
- SUR : Av. Sesquicentenario
- ESTE : área de expansión recreativa de la UNA
- OESTE : con la pérgola existente

FIGURA 13: Imagen Satelital de la Ubicación del Proyecto en Estudio



**UBICACIÓN DEL  
PROYECTO**

**NACIONAL DEL**

*Fuente: Google Earth*

### 3.1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ha sido resultado de una investigación sobre los requerimientos necesarios para poder diseñar un complejo deportivo que se convierta en un hito en la ciudad, y que beneficie tanto a la población estudiantil como a la región de Puno. A la vez tiene como finalidad presentar las nuevas ideas y la forma de como el diseño arquitectónico se integra a la arquitectura universitaria.

**Las intervenciones que se incluyen en el proyecto son las siguientes:**

- Construcción de las tribunas OCCIDENTE, ORIENTE Y SUR, las cuales albergarán diferentes ambientes detallados más adelante (distribución de ambientes por niveles), las cuales consisten en el desarrollo de los graderíos, circulaciones verticales y horizontales además de las placas de sostenimiento de la cobertura.

- Habilitación de las coberturas de las tribunas OCCIDENTE Y ORIENTE, con estructuras metálicas y coberturas de policarbonato logrando de esta manera el confort de los espectadores.
- Construcción de las explanadas perimetrales de concreto en las 03 tribunas OCCIDENTE, ORIENTE Y SUR las cuales se articularan con las salidas propuestas lado sur y lado este (el ultimo no contemplado en esta etapa). Para recibir y permitir la evacuación de la gran cantidad de espectadores que llegan y salen desde y hacia la avenida sesquicentenario.
- Se ha realizado un estudio de líneas isópticas a fin de comprobar que todos los espectadores tengan buena visibilidad del Campo de Juego, sobre todo desde los diferentes palcos y desde las zonas de prensa hablada y escrita, considerando que el nivel de la cancha de fútbol es de 1.20 metros respecto al primer graderío.

### 3.1.1.3. DISTRIBUCION DE AMBIENTES POR NIVELES.

El presente proyecto de acuerdo a las necesidades para el desarrollo de las actividades a realizarse en el complejo deportivo, consta de los siguientes ambientes en las diferentes tribunas:

#### **PRIMER NIVEL (tribuna OCCIDENTE, ORIENTE Y SUR)**

##### **Área Construida 8255.00 M2**

- 12 accesos hacia tribunas bajas
- 12 accesos hacia tribuna altas
- 04 salones de servicios complementarios
- 02 salas de usos múltiples
- Stand de venta
- 02 laboratorios para E.P. de educación Física



- Hall de reunión
  - Ss.hh. damas
  - Ss.hh. varones
- Depósitos
- almacenes
- 03 Tópicos
- Policía nacional
  - calabozo
- 04 camerinos
- Sala antidoping
- Camerinos para árbitros
- Zona VIP
  - Ss.hh. varones
  - Ss.hh. damas
- Sub estación / grupo electrógeno
- 06 Ss.hh. generales Varones
- 06 Ss.hh. generales Damas
- 04 ss.hh. discapacitados
- Circulación Vertical
- Galerías de Circulación

**SEGUNDO NIVEL (tribuna OCCIDENTE, ORIENTE Y SUR)**      **Área Construida 3487.88 M2**

- 05 salas de trabajo
- 06 aulas académicas
- Área administrativa
- Sala de reuniones
- Laboratorios
- Oficina de monitoreo de cámaras
- 26 Cabinas de prensa
- 16 Ss.hh. para prensa
- cafetería
- 02 salas de conferencia de prensa
- 02 zonas V.I.P.

- Circulación Vertical
- Galerías de Circulación

**TERCER NIVEL (tribuna OCCIDENTE, ORIENTE Y SUR) Área Construida 6091.55 M2**

- 02 salones de usos múltiples
- Área de venta
- 04 ss.hh generales damas
- 04 ss.hh. generales varones
- Circulación Vertical
- Galerías de Circulación

**TOTAL DE AREA CONSTRUIDA  
19, 232.21 M2**

**3.1.1.4. SISTEMA DE GESTION DEL PROYECTO**

Un sistema de gestión de proyectos comprende los alcances, objetivos y procesos a seguir por cada area de manera general y por cada etapa del ciclo de vida del proyecto. El proyecto en estudio no cuenta con un manual de gestión de proyectos, pero la unidad ejecutora que es la oficina de Arquitectura y Construcción ha establecido ciertas normas, sobre informes de producción.

Tabla 5: SISTEMA DE GESTION

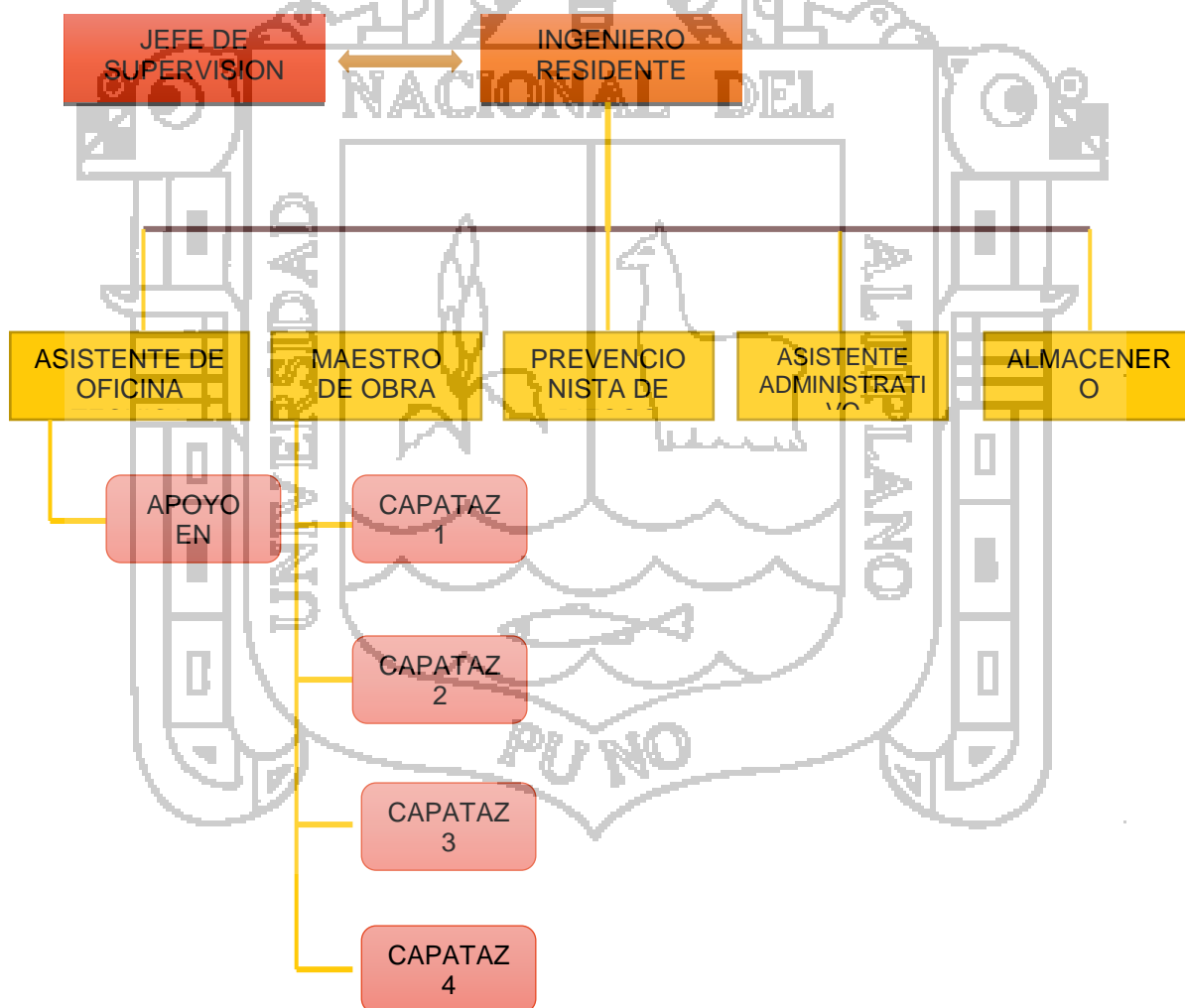
DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL	
<b>GESTION DEL COSTO Y PLAZO</b>	El área de Oficina técnica con su respectivo responsable en el área, es que se encarga por velar los costos y los plazos de ejecución. En cuanto al control de la calidad, lo hace la oficina de supervisión liberando frentes de trabajo para su respectiva ejecución.
<b>GESTION DE LA CALIDAD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>	SSOMA, el proyecto en estudio cuenta con un personal de prevención de riesgos, el cual asume como Ing. De Seguridad, el cual se encarga de las charlas de seguridad todos los días durante 10 minutos antes del ingreso a las zonas de trabajo. En cuanto a los permisos de trabajos en altura, análisis de trabajo seguro, etc. No se utiliza esos documentos.
	No existe un departamento de producción, el único responsable de la



<p><b>GESTION DE LA PRODUCCION</b></p>	<p>producción es el asistente técnico con la coordinación del maestro de obra. No existe una programación de ejecución de obra. Existen órdenes de trabajos verbales con el maestro de obra.</p>
<p><b>GESTION DE LOS RECURSOS HUMANOS</b></p>	<p>A la fecha del estudio, el proyecto se componía de 01 residente obra, 01 asistente técnico, 02 apoyos en costos y metrados, 01 asistente administrativo, 02 practicantes, 01 maestro de obra, 04 capataces de frente, 01 prevencionista de riesgo, 01 almacenero y 129 obreros entre operarios, oficiales y peones en sus respectivas áreas.</p>

Fuente : Elaboración Propia

FIGURA 14: Organigrama de Obra



Fuente : Elaboración Propia

### 3.1.1.5. PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION

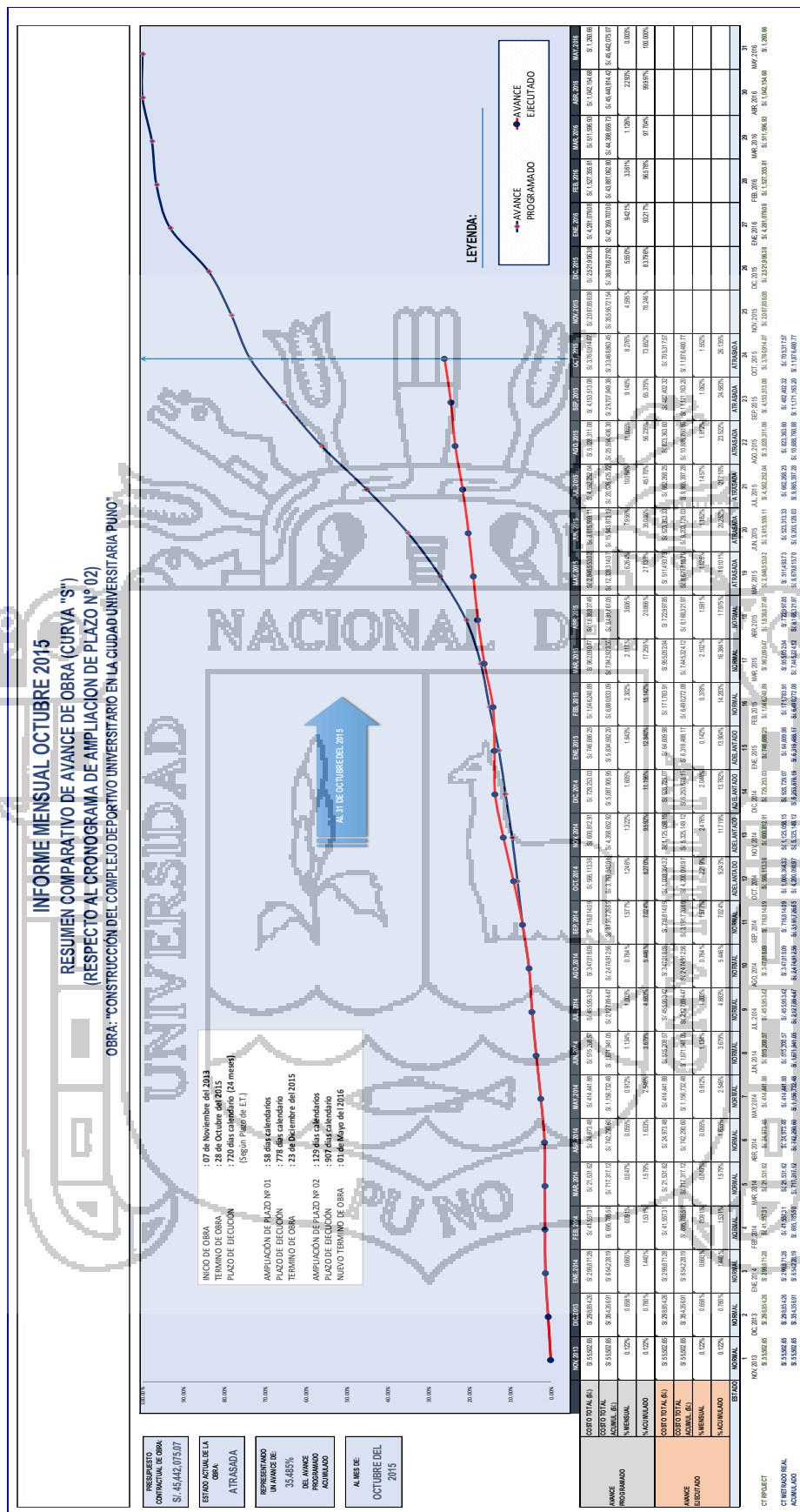
La presente obra en estudio no cuenta con un cronograma de ejecución actualizada, no obstante existe el compromiso que será actualizado para el mes de diciembre. En cuanto a la planificación de obra se cuenta con un diagrama Gantt referencial pero que tampoco está actualizado. La planificación y programación generalmente las realiza el asistente técnico con el maestro de obra. Se ha observado que las programaciones de trabajos ejecutables se hacen de un día para otro.

### 3.1.1.6. CONTROL DE LA EJECUCION

El sistema de control de la ejecución de obra se realiza mediante la elaboración de la Curva S, mediante el cual se puede verificar el avance físico versus el avance programado valorizado mensualmente mediante los metrados diarios ejecutados. La obra en estudio tiene un monto de ejecución inicial de s/. 45'442,075.07, tuvo su inicio el 07 de Noviembre del 2013 y estuvo planificada su culminación el 28 de octubre del 2015, la obra al termino del mes de octubre del 2015 tiene un avance físico real de 26.14% y el avance reprogramado al mes de octubre 2015 es 73.65%, esto nos indica que la obra está **RETRASADA** en un 47.5%. El presente proyecto consta de 02 ampliaciones de plazo, el primero por 58 días calendarios y el segundo por 129 días calendarios, que hacen un total de 187 días calendarios sumados al plazo inicial de la obra que fue de 720 días calendarios, en su totalidad la obra tendrá un plazo de ejecución total 907 días calendarios, está previsto culminar su ejecución el 01 mayo del 2016, cabe indicar que aún falta ejecutar un 73.86% que hace un monto total de s/. 33'563,516.6.



FIGURA 15: CONTROL DE OBRA CON CURVAS S



Fuente : Oficina

Técnica de Obra(VER LAMINA EN ANEXOS)

### 3.2. MEDICION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCTIVIDAD

La medición del estado actual de la productividad se ha utilizado el Nivel General de Actividad que es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con que se están realizando los trabajos en obra.

#### 3.2.1. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

El nivel general de actividades es una herramienta estadística que se usa en un determinado sector, frente o en todo el proyecto, en términos de división de trabajo. Muestra cómo se ocupa el tiempo durante el desarrollo de los procesos de construcción, separando el trabajo en categorías: Trabajo Productivo, Contributorio, No Contributorio.

Es útil cuando se quiere cuantificar situaciones que, de acuerdo a la simple observación parecen ser “perdidas”, tales como: viajes, esperas, etc. También es útil para establecer el Benchmark interno, midiendo el impacto de los cambios o mejoras hechas a los procesos constructivos.

Para realizar las mediciones de nivel general de actividades se siguió los siguientes pasos:

1. Definición del alcance de la medición: actividades a medir, sectores a medir, objetivos de la medición, grado de detalle de la medición.
2. Antes de la medición se identificó los trabajos que componen las diferentes categorías (TP, TC y TNC), dependiendo del tipo de operación.
3. Se observó de manera aleatoria los trabajos que realiza el personal obrero, y registrarlos en un formato clasificándolos de acuerdo a la división de trabajo.
4. Se procesó la información y se presentó en forma gráfica.


Existen ciertas pautas que se tomó en cuenta en el muestreo:

La muestra no debe tener menos de 384 observaciones, pues con este número se obtiene una confiabilidad de 95%.

- El observador debe ser capaz de identificar rápidamente a los individuos que se incluirán y/o excluirán de la medición. Por ejemplo, los capataces no se incluyen en la medición.
- Las observaciones deben realizarse aleatoriamente, sin ninguna relación secuencial.
- Es importante que al registrar lo observado, el observador lo haga de acuerdo a lo que el aprecie en forma instantánea al mirar. Las acciones inmediatamente precedentes o siguientes deben ser descartadas totalmente del registro.
- El observador debe ubicarse en un lugar donde no obstaculice los trabajos que se efectúen en la zona desde donde pueda observar a la mayor cantidad de personal posible.
- Debe tomarse en cuenta que este tipo de mediciones son puntuales, por lo que sus resultados solo muestran lo que sucede en el proyecto en un momento particular del día.

Se han registrado 384 observaciones por día, 01 por minuto, durante 05 días, en el proyecto de construcción del Estadio de la Universidad Nacional del Altiplano. El resumen de todos los datos recolectados de todas las obras para su posterior análisis se resumen en las siguientes tablas.

Tabla 6: FORMATO DE REGISTRO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

	APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO		N° FORMULARIO <b>001</b>							
	<b>MEDICIONES DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD</b>									
PROYECTO:	CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		HORA INICIO:							
MUESTREADOR: DIANET FLORES CERVANTES	FECHA:	05/11/2015	HORA TERMINO:							
MEDICIONES PARA NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD										
	TP	TC	TNC	Observación		TP	TC	TNC	Observación	
1						1				
2						2				
3						3				
4						4				
5						5				
6						6				
7						7				
8						8				
9						9				
10						10				
11						11				
12						12				
13						13				
14						14				
15						15				
16						16				
17						17				
18						18				
19						19				
20						20				
21						21				
22						22				
23						23				
24						24				
25						25				
26						26				
27						27				
28						28				
29						29				
30						30				
31						31				
32						32				
33						33				
34						34				
35						35				
36						36				
37						37				
38						38				
39						39				
40						40				
41						41				
42						42				
43						43				
44						44				
45						45				
46						46				
47						47				
48						48				
49						49				
50						50				
TT	0	0	0			TT	0	0	0	

**Clasificación del Trabajo:**

<b>0 Trabajo Contributorio</b>	
0 T	Transporte
0 L	Limpeza o aseo
0 I	Instrucciones
0 M	Mediciones
0 X	Otros TC

<b>0 Trabajo No Contributorio</b>	
0 V	Viajes
0 N	Tiempo Ocioso
0 E	Espera
0 R	Trabajo rehecho
0 D	Descanso
0 B	Nec Fisiológicas
0 Y	Otros TNC

<b>0 Trabajo Productivo</b>	
0 P	Productivo

Fuente : Elaboración Propia

### 3.2.2. RESULTADOS DEL NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD REALIZADO EN OBRA POR DIA

FIGURA 16: Muestreo de Nivel General de Actividad por día

#### MUESTREO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
29/10/15	125	181	78	384

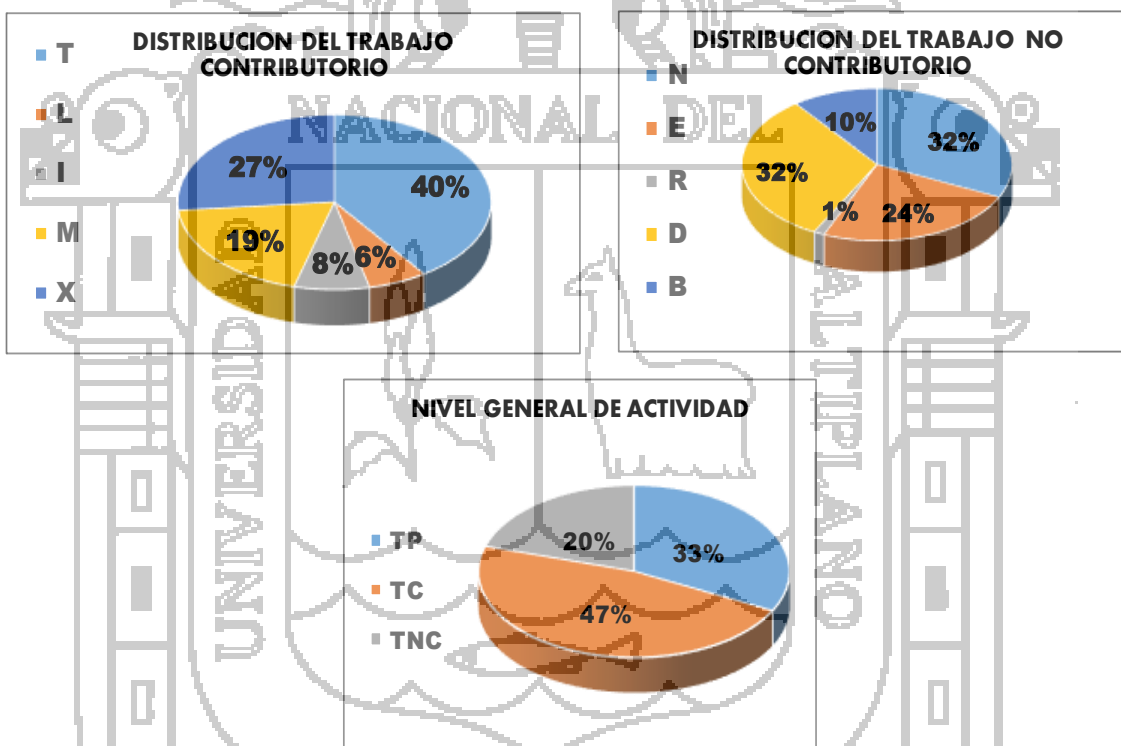
TC					TNC							
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y	
78	11	14	85	48	0	25	19	1	25	8	0	

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
29/10/15	33%	47%	20%	100%

TC					TNC							
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y	
40%	6%	8%	19%	27%	0%	32%	24%	1%	32%	10%	0%	



Fuente : Elaboración Propia



FIGURA 17: Muestreo de Nivel General de Actividad por día

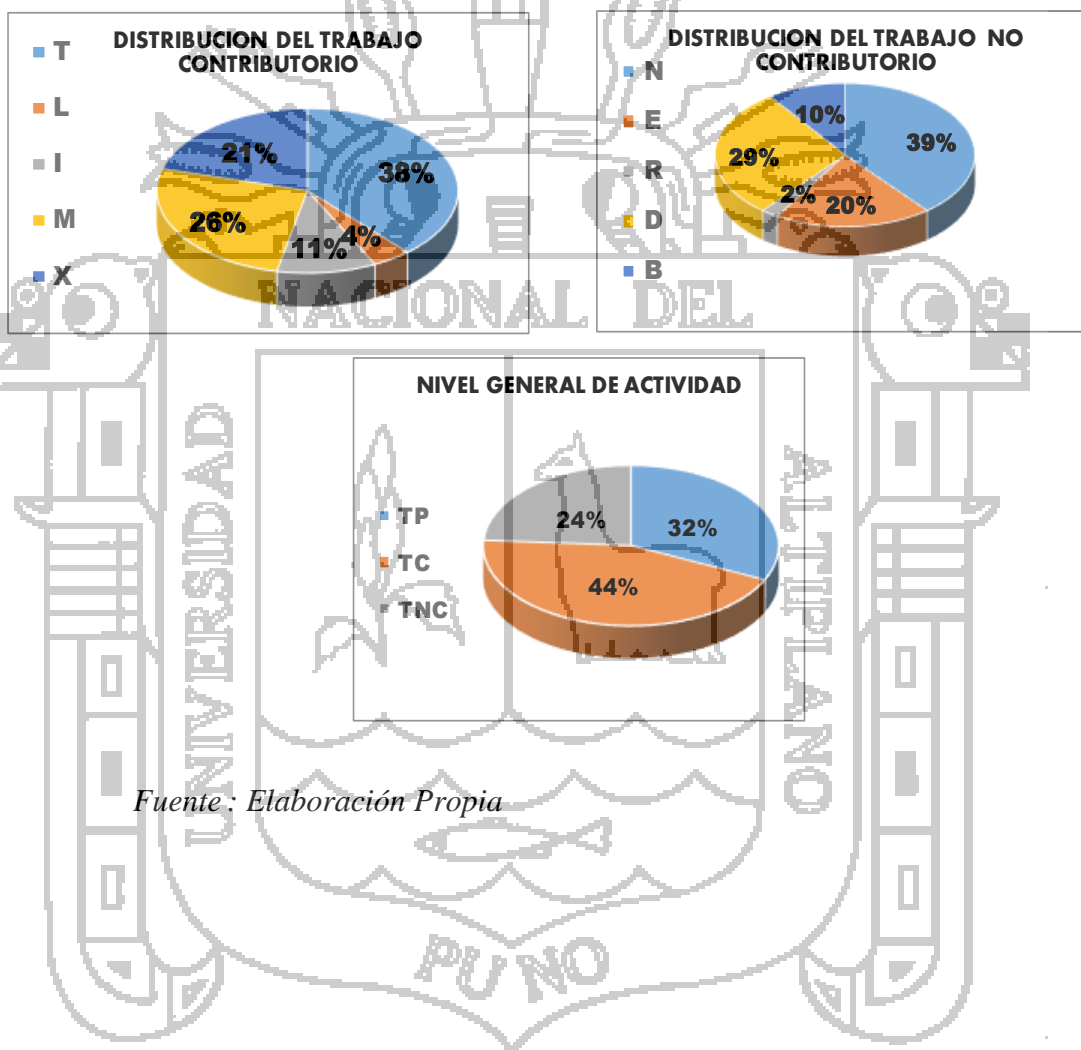
**MUESTREO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD**

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
3/11/15	123	169	92	384

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
65	7	18	44	35	0	36	18	2	27	9	0

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
3/11/15	32%	44%	24%	100%

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
33%	4%	11%	26%	21%	0%	33%	20%	2%	23%	10%	0%



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 18: Muestreo de Nivel General de Actividad por día

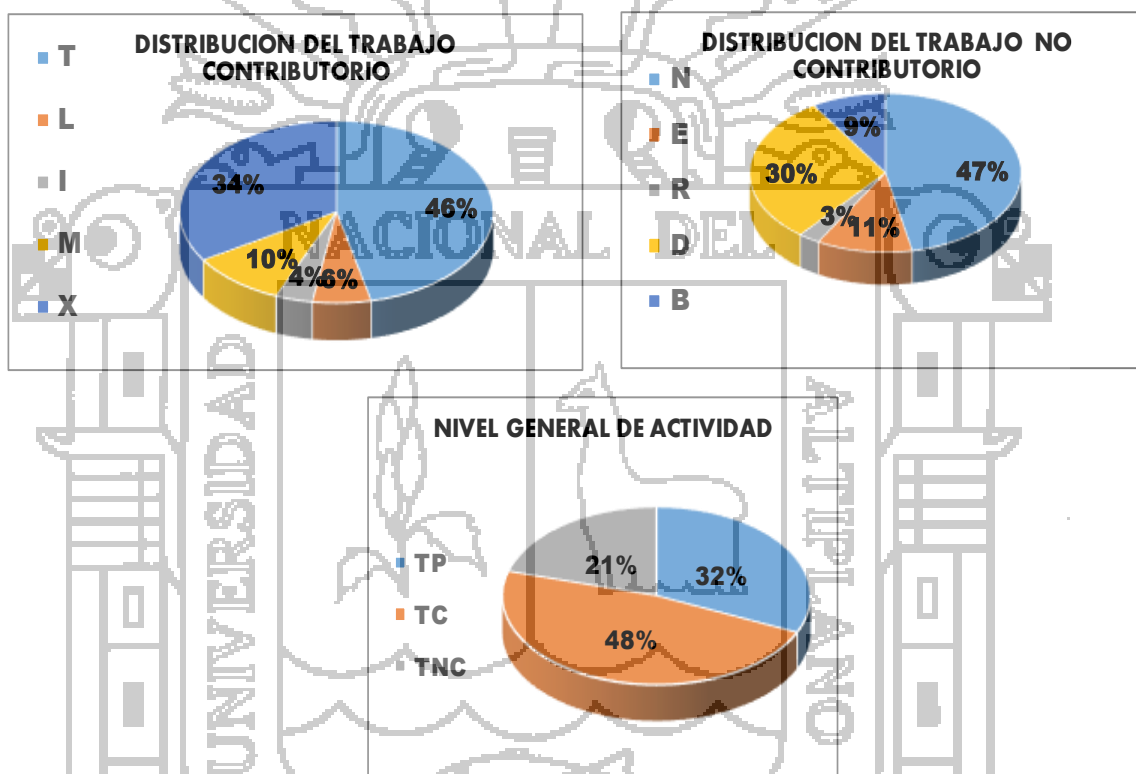
**MUESTREO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD**

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
4/11/15	122	183	79	384

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
85	11	7	18	62	0	37	9	2	24	7	0

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
4/11/15	32%	48%	21%	100%

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
46%	6%	4%	10%	34%	0%	47%	11%	3%	30%	9%	0%



Fuente : Elaboración Propia

Figura 19, Muestreo de Nivel General de Actividad por Día

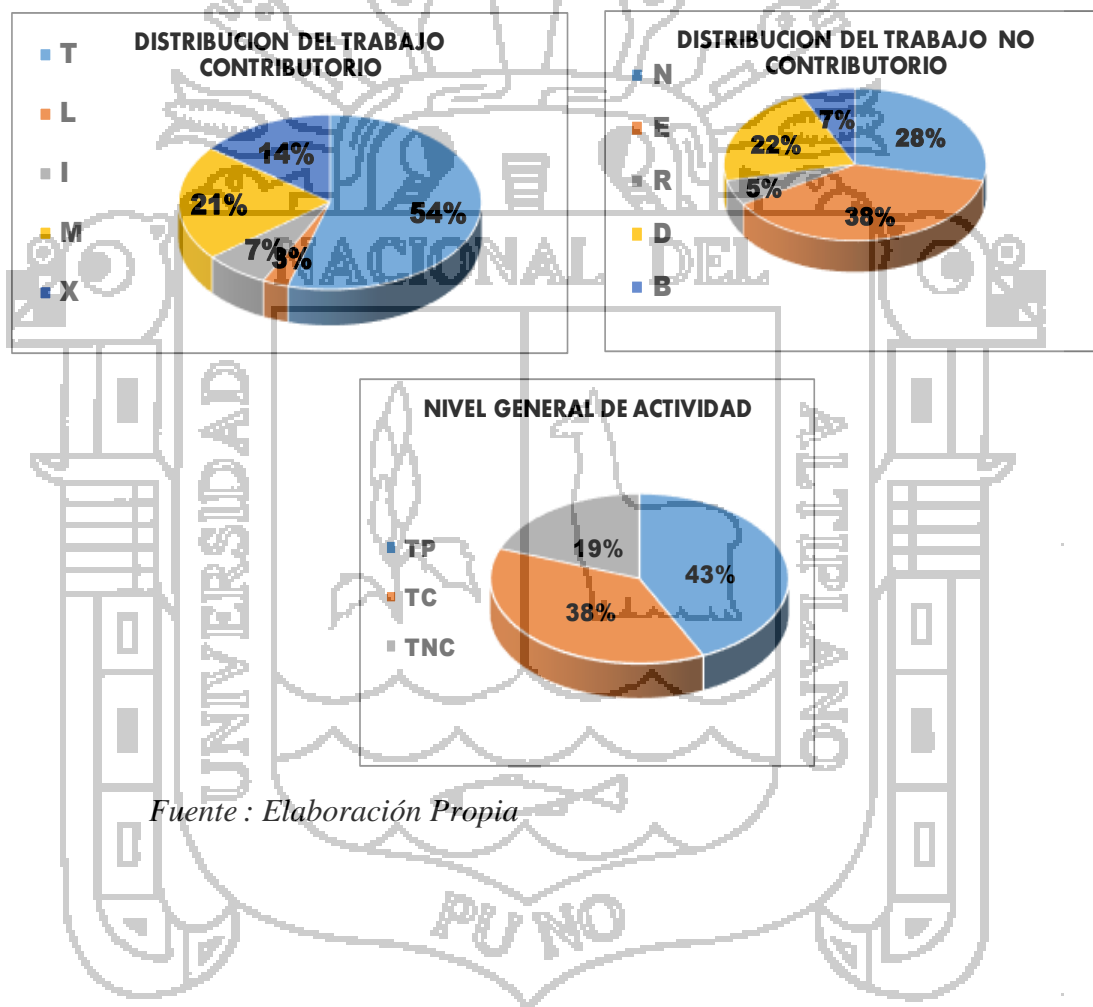
**MUESTREO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD**

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
5/11/15	165	145	74	384

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
79	4	10	31	21	0	21	28	4	16	5	0

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
5/11/15	43%	38%	19%	100%

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
54%	3%	7%	21%	14%	0%	28%	38%	5%	22%	7%	0%



Fuente : Elaboración Propia

FIGURA 20: Muestreo de Nivel General de Actividad por día

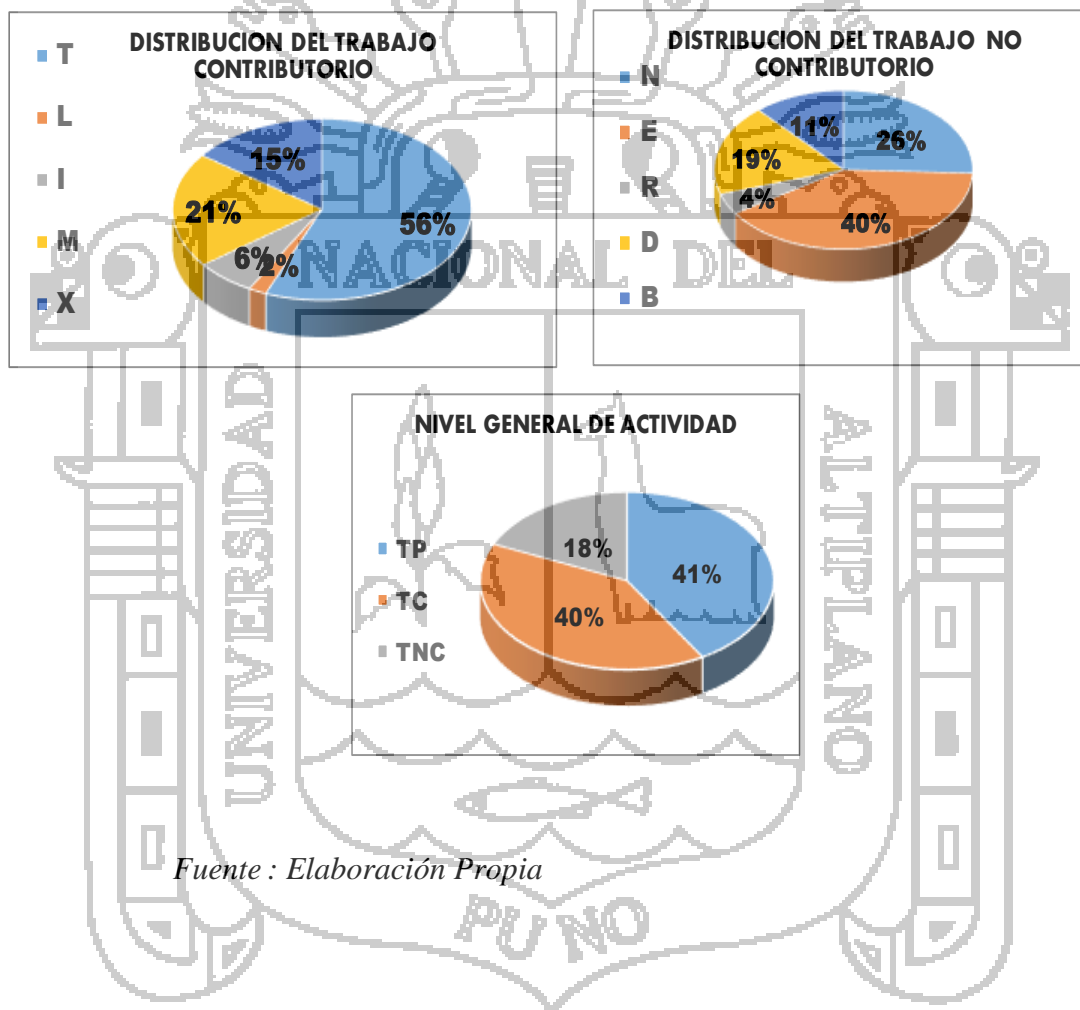
**MUESTREO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD**

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
6/11/15	159	155	70	384

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
87	3	10	32	23	0	18	28	3	13	8	0

FECHA	TP	TC	TNC	TOT
6/11/15	41%	40%	18%	100%

TC					TNC						
T	L	I	M	X	V	N	E	R	D	B	Y
56%	2%	6%	21%	15%	0%	26%	40%	4%	19%	11%	0%



### 3.2.3. ANALISIS DE DATOS

#### 3.2.3.1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA Y\_MIN - SUMA DE CUADRADOS TIPO III

Tabla 7: SUMA DE CUADRADOS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:DIAS	0	4	0	0.00	1.0000
B:TIPO	20234.8	2	10117.4	25.49	0.0003
RESIDUOS	3175.2	8	396.9		
TOTAL (CORREGIDO)	23410.0	14			

*Fuente : Elaboración Propia*

#### **Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual**

La tabla ANOVA (Análisis de Varianza) descompone la variabilidad de Y\_MIN en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Y\_MIN con un 95.0% de nivel de confianza.

#### 3.2.3.2. PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA Y\_MIN POR TIPO

**Método: 95.0 porcentaje Duncan**

Tabla 8: PORCENTAJE DUNCAN

<i>TIPO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TNC	5	78.6	8.90955	X
TP	5	138.8	8.90955	X
TC	5	166.6	8.90955	X

*Fuente : Elaboración Propia*

Tabla 9: SIGNIFICANCIA ENTRE VARIABLES

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
TC - TNC	*	<b>88.0</b>
TC - TP		27.8
TNC - TP	*	<b>-60.2</b>

*Fuente : Elaboración Propia*

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 10: TABLA DE MEDIAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA Y\_MIN CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Estadístico.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
<b>MEDIA GLOBAL</b>	15	128.0			
<b>DIAS</b>					
DIA1	3	128.0	11.5022	101.476	154.524
DIA2	3	128.0	11.5022	101.476	154.524
DIA3	3	128.0	11.5022	101.476	154.524
DIA4	3	128.0	11.5022	101.476	154.524
DIA5	3	128.0	11.5022	101.476	154.524
<b>TIPO</b>					
TC	5	<b>166.6</b>	8.90955	<b>146.055</b>	<b>187.145</b>
TNC	5	<b>78.6</b>	8.90955	<b>58.0545</b>	<b>99.1455</b>
TP	5	<b>138.8</b>	8.90955	<b>118.255</b>	<b>159.345</b>

*Fuente : Elaboración Propia*

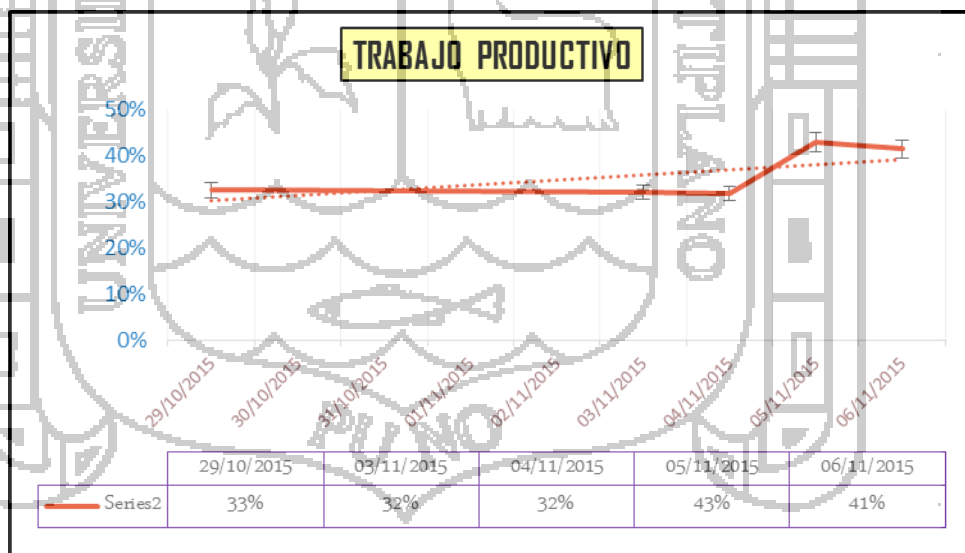
Esta tabla muestra la media de Y\_MIN para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95.0% para cada una de las medias.

### 3.2.4. ANALISIS Y EXPOSICION DE RESULTADOS

#### 3.2.4.1. PRODUCTIVIDAD Y LAS CATEGORIAS DE TRABAJOS

Los trabajos productivos (TP) en las construcciones tienen una variación, desde 30.8% a 49.59% durante la medición, en fin el hecho es que a lo largo de todas las observaciones se ha registrado que no hay un ritmo constante en el avance de las obras como se puede ver en el siguiente gráfico, este grafico refleja el porcentaje promedio alcanzado durante 06 horas con 24 minutos que duró la medición del nivel general de actividades.

FIGURA 21: Variabilidad de los trabajos Productivos



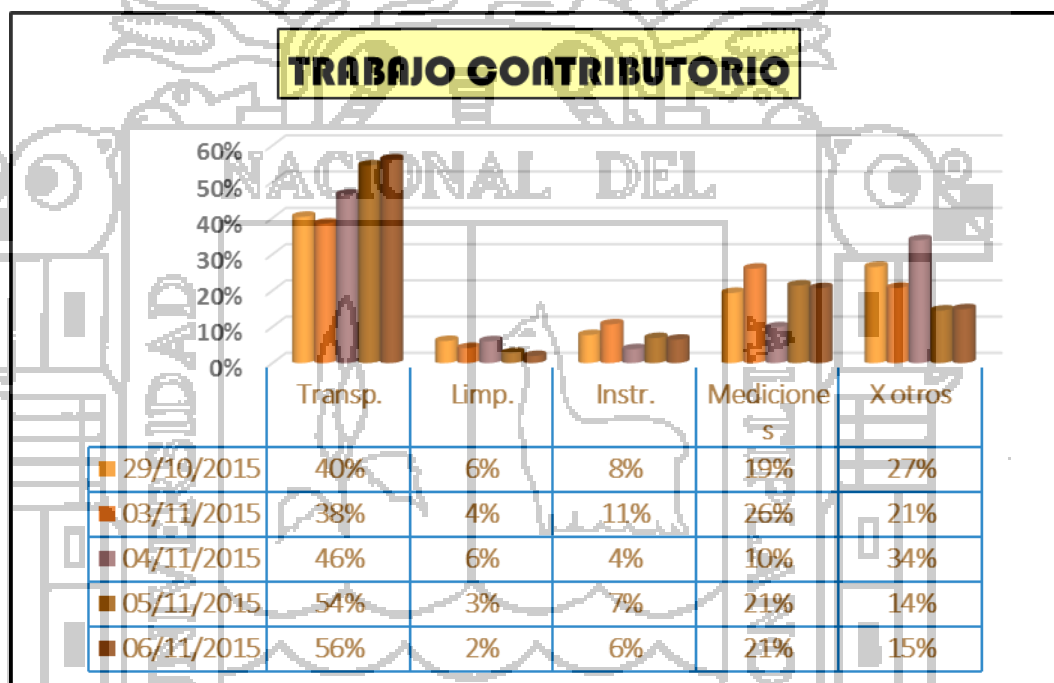
Fuente : Elaboración Propia

Los trabajos contributivos (TC) varían desde 38% a 48.73% y los trabajos no contributivos (TNC) varían desde 15.12% a 25.82%, estos trabajos se realizan en un porcentaje muy significativo para la productividad, puesto



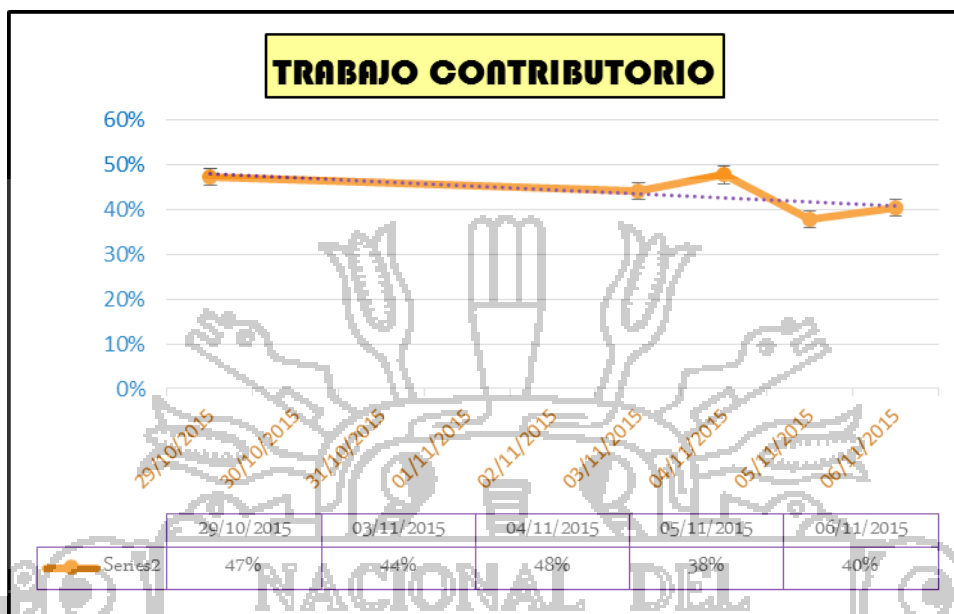
que para realizar los trabajos productivos, existen actividades necesarias como transporte, instrucciones, mediciones y limpieza. Con la finalidad de exponer los datos de las mediciones realizadas, vale aclarar, que el tema de la investigación es análisis del nivel general de actividades y no el análisis y medición de los rendimientos, debido a que rendimiento en una parte del factor de la mano de obra y que la mano de obra es un factor de la productividad.

FIGURA 22: Composición de Trabajos Contributivos



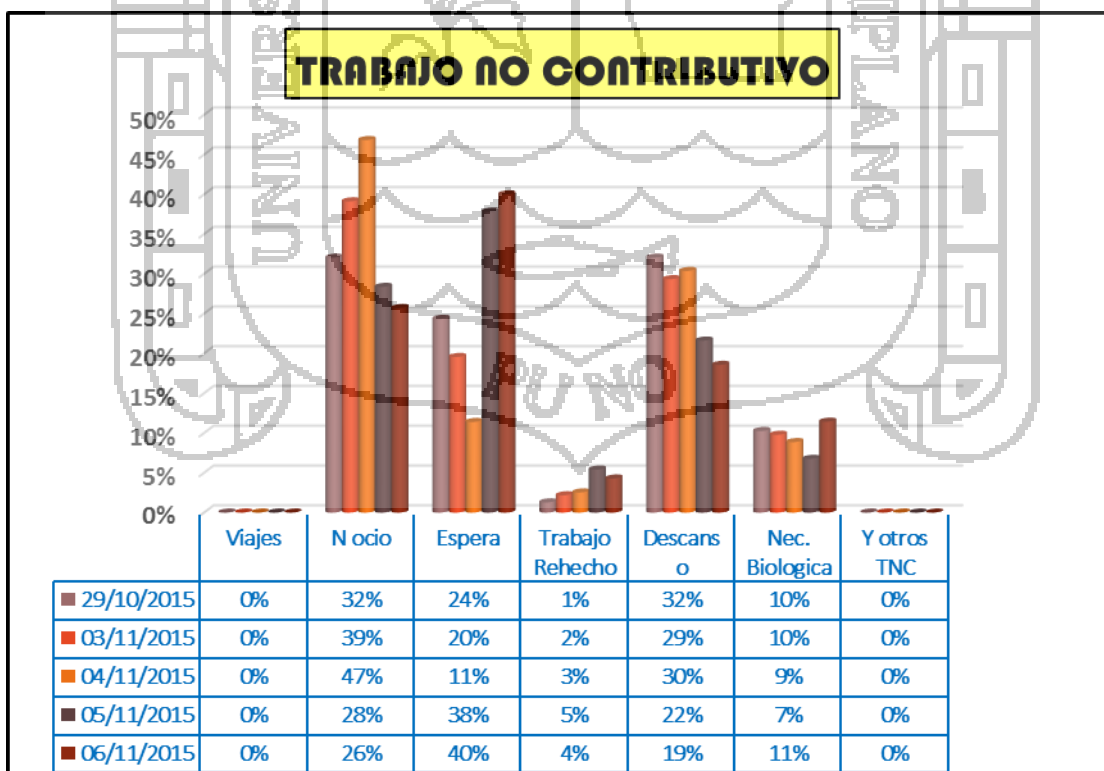
Fuente : Elaboración Propia

FIGURA 23: Variabilidad De Los Trabajos Contributivos



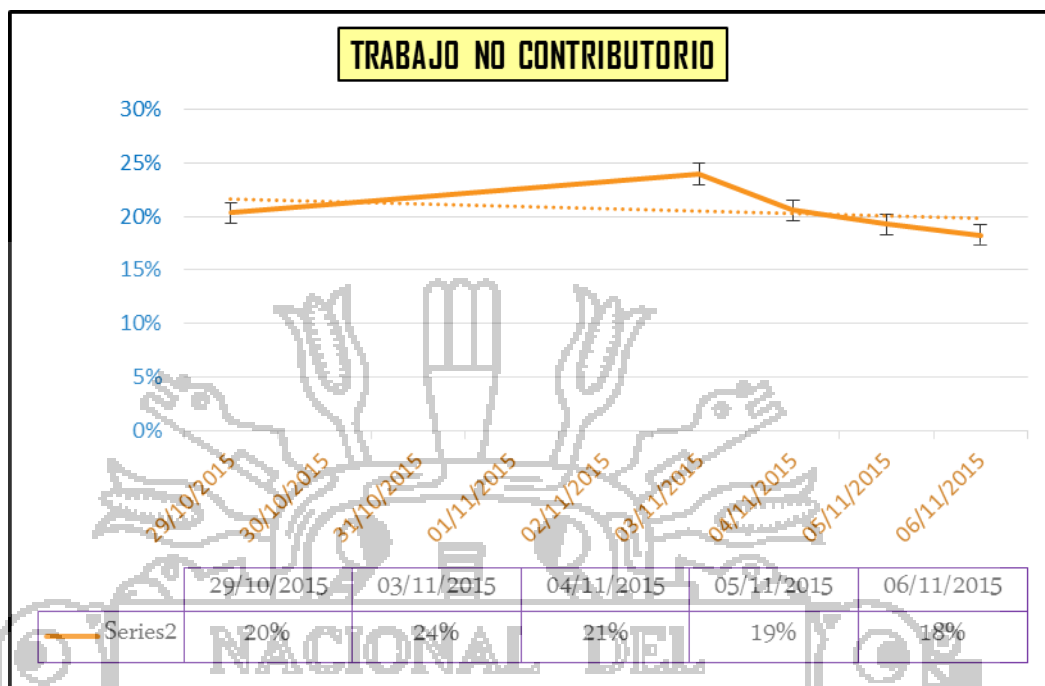
Fuente : Elaboración Propia

FIGURA 24: Composición De Trabajos No Contributivos



Fuente : Elaboración Propia

FIGURA 25: Composición De Trabajos No Contributivos

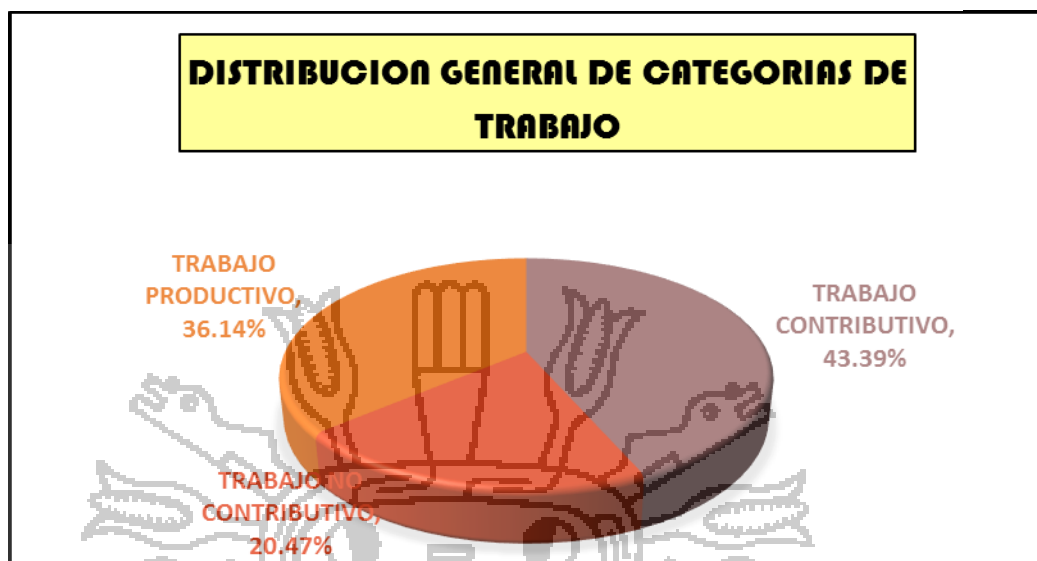


Fuente : *Elaboración Propia*

En adelante las categorías de trabajos, las subcategorías de trabajos y los factores claves que influyen en la productividad son analizados con sus valores en promedio de la obra en estudio con una confiabilidad de 95%.

Los valores de las categorías de trabajos se muestran en el siguiente gráfico, en ella podemos observar que los obreros se dedican a realizar trabajos efectivos solamente el 36.14% de todo el tiempo dedicado, mientras que, gran parte de ese tiempo (43.39%) se dedican a realizar actividades de apoyo o de contribución y una menor parte a comparación de los trabajos contributivos (20.47%) los obreros se dedican a realizar actividades no contributivas.

FIGURA 26: Distribución General de categorías de Trabajo



: Elaboración Propia

De acuerdo con las mediciones realizadas en el proyecto, se presentan algunos números promedios que representan a las principales pérdidas detectadas en la construcción de la obra en estudio. Estos valores nos dan una dirección hacia donde apuntar y donde concentrar nuestros esfuerzos para eliminar pérdidas.

#### **TRABAJOS NO CONTRIBUTIVOS (20.47%)**

- **Cuadrillas sobredimensionadas:** El exceso de personal en áreas de trabajo reducidas, el exceso de personal obrero en el proyecto, para el cual no existen frentes de trabajos disponibles permanentemente hace que, para mantenerlo ocupado, se ordene auxiliar a otras cuadrillas o realizar labores de apoyo en obra tales como limpieza.
- **Falta de supervisión:** La falta de supervisión sobre la ejecución de las actividades y sobre el uso de los materiales.
- **Deficiencias en el flujo de materiales:** el poco personal de apoyo para el abastecimiento de materiales, o la mala organización de este, provoca que los operarios deban abandonar sus tareas para ir en busca de sus materiales, lo que les ocupa buena de su tiempo. La mala distribución de las zonas de abastecimiento origina el transporte manual de materiales a distancias excesivamente largas. Por otra parte un mal abastecimiento por parte de los proveedores, puede traer consigo grandes dificultades en el

desarrollo de los procesos; en este punto radica la importancia de tener un buen sistema de administración de recursos en cada proyecto.

- **Mala distribución de instalaciones en obra:** los largos tramos por recorrer hacia las zonas de almacenamiento de los materiales, o hacia los lugares de acumulación de escombros.
- **Actitud del trabajador:** los trabajadores rara vez realizan un mayor avance del que se les exige, ya sea porque sienten que no se premia su esfuerzo, o porque no se sienten cómodos con el tiempo asignado, o porque creen que su mayor avance se convertiría luego en la nueva meta que se le impondrían.
- **Trabajos mal ejecutados:** la poca capacitación de la mano de obra, la falta de supervisión durante la ejecución de los trabajos, las deficiencias propias de los procedimientos constructivos tradicionales y de la falta de tecnología.

#### **TRABAJOS CONTRIBUTORIOS (43.39%)**

- Deficiencia en el flujo de materiales.
- Falta de programación y control del uso de equipos.
- Por lo general, en las actividades de encofrado y colocación de acero, cuando el material o las piezas a ser ensambladas no están organizadas o se encuentran en desorden, se propicia en retaceo las piezas para completar cierto elemento o la continua búsqueda de aquellas que se adapten a las medidas de la pieza faltante; así se incrementa el número de mediciones para la ejecución de las actividades.
- Actividades de picado y retaceo producen gran cantidad de escombros y desperdicios, la que incrementa los trabajos de limpieza no solo por los propósitos higiénicos sino para evitar además problemas de seguridad y accesibilidad.
- El desconocimiento de las actividades para realizar durante el día por parte de las cuadrillas trae consigo la búsqueda de instrucciones cada vez que se cambia de frente.

## **CAPITULO IV: PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION**

En este capítulo se muestran una serie de recomendaciones y herramientas específicas diseñadas para aumentar la productividad en los proyectos de construcción. Se ha incluido todas las herramientas que la filosofía Lean planteada de forma que los actores de una obra puedan implementar efectivamente las recomendaciones vertidas en esta tesis a sus respectivos proyectos de construcción. El paquete de acciones lo llamaremos de ahora en adelante un **NUEVO SISTEMA DE GESTION** que incluye una serie de herramientas del movimiento internacional de Lean Construction y muchas otras desarrolladas por empresas privadas y adaptadas a la realidad del Perú, en este apartado se incluyen, además, ejemplos y tablas, a fin de ilustrar y facilitar al lector la implementación de un programa de mejoramiento de la productividad en obras de construcción.

### **4.1. LA NUEVA FILOSOFIA DE PRODUCCION: UN POCO DE LUZ DENTRO DEL CAOS**

Así como existen herramientas y procedimientos en el diseño de una concepción arquitectónica para determinar y llegar a una propuesta arquitectónica que responda a las necesidades del usuario, así también hay enfoques y herramientas concretas que permiten optimizar y encontrar los sistemas y cuadrillas óptimas para lograr mejoras substanciales en la construcción. Las herramientas puntuales se describen en la sección 4.2; sin embargo, es importante discutir algunos puntos que forman parte fundamental de la filosofía para la implementación efectiva de dichas herramientas.

#### **4.1.1. ENFOQUE EN LA ELIMINACION DESPIADADA DE PERDIDAS**

En principio, una de las principales fuentes de cambios es comprender que existen perdidas dentro de nuestros procesos, bajo

la definición presentada en el marco teórico. Posteriormente debemos contar con herramientas que nos permitan cuantificar las pérdidas, para luego orientar nuestros sistemas de gestión de operaciones en obra para eliminar de forma despiadada dichas pérdidas. En principio, debemos tener claro que *todo lo que se puede medir, se puede mejorar*.

#### 4.1.2. GRASA SUPERFICIAL Y GRASA INTERNA (DOS NIVELES FUNDAMENTALES DE PERDIDAS)

De acuerdo con lo expuesto y estudiado, en principio, la grasa superficial se concentra en la sobredotación general de las cuadrillas productivas, así como en un número de obreros por encima de lo mínimo indispensable en actividades de apoyo (almacenero, portero/guardián, cuadrilla de volantes, cuadrilla de apoyo eléctrico, etc.). Una vez eliminada la grasa superficial, deberíamos lograr valores del TP en el rango de 40%. Una vez que el proceso de optimización llega a estos niveles, tenemos que comenzar a lidiar con lo que hemos definido como grasa interna. La grasa interna es más difícil de combatir, ya que está relacionada con pérdidas mucho más complejas que la sencilla sobre dotación de personal. Para obtener niveles productivos del orden de 50% se debe combatir la grasa interna con herramientas de gestión de operaciones como las que describiremos más adelante. Finalmente, para terminar de eliminarla y así pasar a niveles de TP del orden del 60%, se deben profundizar aún más los cambios y comenzar a trabajar en mejorar el diseño mismo de los proyectos (constructabilidad).

#### 4.1.3. ENFOQUE EN FLUJOS (modelo de conversión vs. Modelo de flujos)

Todos hemos sido educados dentro de un esquema mental donde toda actividad es separada por funciones, departamentos, etc. (modelo de conversión), el sentido común nos indica que las actividades deben ser agrupadas para que ellas puedan ser ejecutadas y manejadas de forma más eficiente. Sin embargo, la



concepción de la filosofía de producción ha cambiado radicalmente en los últimos años. El trabajo ya no se debe visualizar como una suma de actividades puntuales (como es el caso del muy utilizado CPM), sino como la conexión de una serie de flujos y actividades puntuales que conforman el trabajo en realidad. En principio en los modelos convencionales las actividades están representadas únicamente por la actividad directa (ejemplo: asentar ladrillo) y se obviaban los flujos que conectan las actividades puntuales (ejemplo: el transporte del ladrillo desde el lugar donde lo bajaron del camión hasta el lugar de asentado, el transporte del personal obrero desde el punto de asentado del ladrillo a la siguiente posición, la fabricación y transporte de la mezcla, la colocación de andamios, los trabajos rehechos, mediciones, instrucciones, etc.). Los flujos conforman la mayor parte de las pérdidas; sin embargo, no aparecen como tales en los modelos convencionales. La consecuencia directa de este error conceptual es que en la práctica se obtienen porcentaje de trabajo productivo muy bajos.

#### 4.1.4. ENFOQUE EN LA CONFIABILIDAD

En la construcción existe una sensación muy generalizada en cuanto a la confiabilidad que se puede llegar a obtener, particularmente en el área de planificación.

##### *CONFIABILIDAD Y PREMEZCLADO*

*El profesional de obra ordena un pedido de concreto premezclado para que llegue a la obra a la una de la tarde del día siguiente, con cargo a confirmar al día siguiente. La compañía de premezclado sabe que el pedido va ser finalmente atrasado un poco antes de que salga el camión de la planta por lo que, para optimizar su tiempo, programa el despacho para las tres de la tarde. Finalmente, debido a retrasos en el encofrado y el fierro. El pedido se confirma para las cuatro de la tarde. El camión llega finalmente a la cinco de la tarde, pero el fierro no está aún terminado, por lo que el camión debe esperar 30 minutos más para el vaciado.*

El ejemplo anterior es solo una muestra de lo poco confiable en la que se ha convertido el compromiso con fechas y horas. La falta de un sistema de gestión de producción que permita mejorar la confiabilidad de la planificación de obra genera grandes pérdidas en la construcción, tanto para el constructor como para los subcontratistas y proveedores. Pese a que existen algunos efectos que no podemos controlar totalmente (llámese clima, desastres naturales, etc.), gran parte de nuestros problemas en obra son generados por la falta de confiabilidad del sistema de planificación y su impacto en la generación de pérdidas y sobrecostos. La confiabilidad de la planificación se mejora mediante técnicas descritas en la siguiente sección.

#### 4.1.5. RIGUROSIDAD EN EL TRABAJO

Es fundamental que el sistema de mejoramiento de la productividad se enfrente con la mayor rigurosidad posible desde su inicio. Hemos propuesto un sistema de mejoramiento que asemeja la asimilación de una religión. Los procesos de cambio suelen ser difíciles, particularmente por las relaciones humanas envueltas en ellos, por lo que los enfoques a media máquina generalmente terminarán en un rotundo fracaso.

##### *EL PERUANO BUENA GENTE VS. LA PRODUCTIVIDAD*

*En el Perú, muchas veces se suele confundir el hecho de ser buena gente con la rigurosidad y el empuje que se necesita para lograr obtener las metas que nos planteamos cuando enfrentamos un trabajo. Muchas veces perdemos la percepción de lo que realmente necesitamos así como hacia dónde vamos como personas. En muchos casos, preferimos a alguien buena gente que a una persona eficiente o con conocimiento. La rigurosidad en el trabajo es percibida como algo malo. Debemos acostumbrarnos a que la puntualidad, el cumplimiento de plazos, el cumplimiento de nuestros compromisos contractuales, el cumplimiento de costos, calidad y seguridad en nuestras obras. No tengan nada que ver con ser o no ser buena gente. El cumplimiento de estos puntos debería formar parte de nuestros estándares de trabajo y de hacer negocios. Mientras que no cumplamos con estos puntos, difícilmente podremos obtener índices de productividad de nivel internacional.*

#### 4.1.6. ENFOQUE EN LA GESTION DE PRODUCCION

En la construcción nuestro esfuerzo fundamental debería centrarse en optimizar nuestros productos. No podemos olvidar, sin embargo, que existe una serie de áreas que no debemos descuidar (el área financiera, supervisión, entre otras). Sin embargo, si es que no generamos utilidades en la producción misma, mediante la optimización de nuestros procesos, todas las áreas de trabajo indirectas de la construcción no servirían para nada.

#### 4.1.7. MANEJO DE LA CONSTRUCCION CON ENFOQUE DE DUEÑO

Consideramos de gran importancia que, para obtener máximos frutos del sistema propuesto, es necesario que los profesionales manejen los proyectos con un enfoque de dueño de la obra. La visión de del dueño es algo distinta. Primero, se compara el monto gastado con la utilidad esperada. Lo cual porcentualmente lo hace más importante. Segundo, el dueño piensa que, si no se hubiese gastado ese monto, hubiese pasado a formar parte de la utilidad, la cual recibirá al culminar la obra. Se pueden implementar en la entidad una serie de incentivos para los profesionales de obra, los cuales se discuten más adelante, con el objetivo de hacerlos pensar como dueños de la obra. El resultado final es que se generan ahorros importantes a través de mejorar la productividad de la obra, pero también se generan ahorros relacionados con ajustar cada ítem del presupuesto, al percibir cada sol como propio.

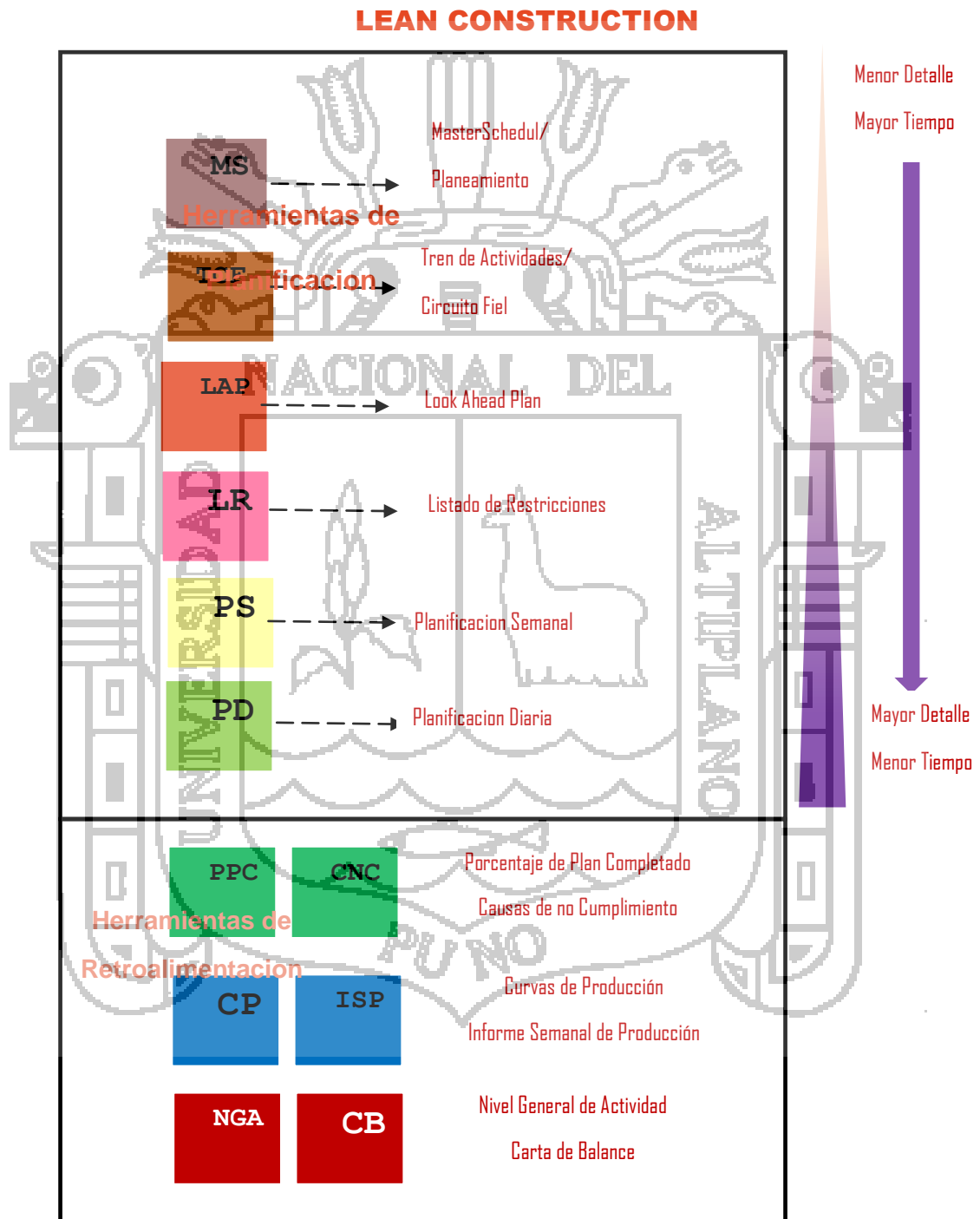
#### 4.2. SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION: EL NUEVO SISTEMA DE GESTION

A continuación se resume una serie de herramientas que componen el paquete de mejoramiento de la productividad propuesto que denominamos ***Nuevo Sistema De Gestión.***

***El Nuevo Sistema De Gestión,*** se basa en la teoría y herramientas propuestas originalmente por The International Group of Lean

Construction. El paquete propuesto ha superado ampliamente la etapa de diagnóstico y la fase teoría para proponer un sistema completamente probado y de inmediata aplicación práctica.

FIGURA 27: Herramientas de Lean Construction



Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.1. PLANIFICACIÓN GENERAL DE OBRA: PLANIFICACIÓN MAESTRA POR HITOS

La planificación general de obra se suele llevar a cabo mediante la utilización de algún paquete de programación disponible en el mercado. El esfuerzo realizado para lograr dicha planificación es grande, ya que se plantea toda la obra, lo que nos obliga a analizar y programar un gran número de actividades; ver sus correlación, determinar la compatibilidad en el uso de recursos y equipos, etc.

De acuerdo con la teoría, sin embargo, dicha planificación suele desviarse del planteamiento original el primer día de trabajo, no queda otro camino que volver a planificar la obra completa regularmente, o abandonar el esfuerzo de planificación y usar la planificación original solo como un marco de referencia. La primera opción requiere de un gran esfuerzo y tiempo. Además, por lo general, siempre está atrasada, por lo que no cumple su función de planificación (previa al trabajo) y en el mejor de los casos sirve para presentarla a la supervisión o a la entidad. La segunda opción suele ser la más frecuente, desafortunadamente.

La confiabilidad que podemos obtener de una planificación general muy detallada es muy baja. Recomendamos iniciar la obra, con una planificación general por hitos. Dicha planificación es muy simple y toma mucho menor esfuerzo y tiempo. La confiabilidad de una planificación por hitos es bastante mayor. El logro de objetivos parciales se obtendrá a través de planificaciones detalladas, de corto plazo (*look ahead planning*, planificaciones semanales, planificaciones diarias, como describiremos más adelante en este capítulo). Las planificaciones de corto plazo comprende planes de trabajo para un horizonte máximo de cinco semanas y; por lo general, fluctúan entre 1-3 semanas. Dichas planificaciones van de acuerdo con la planificación general por hitos.

La planificación de un horizonte corto nos permite lograr un porcentaje de cumplimiento del orden 100%, es decir, cumplimos

efectivamente todas las actividades que planificamos para dicho periodo, lo cual nos lleva a cumplir tanto los plazos parciales de la obra como los plazos totales. Tal afirmación, que podría sonar a utopía, es una realidad cuando se aplica el sistema propuesto. De esta forma, la obra se planifica con el detalle necesario, pero asegurando la confiabilidad que necesitamos de un sistema de planificación.

Por otro lado, la combinación de una planificación maestra por hitos con planificaciones detalladas de corto plazo nos permite concentrarnos en estas últimas y, consecuentemente, es mucho más fácil corregir los recursos necesarios en función de los metrados faltantes y de la secuencialidad de los trabajos pendientes. Ajustar la planificación sin un cálculo detallado de metrados faltantes y de los recursos necesarios para culminar en un determinado plazo es un autoengaño. En muchos casos el fiel cumplimiento de la planificación depende en gran medida de factores externos de esta (como el clima) y de otros factores relacionados directamente con nuestra gestión, como es la logística de materiales, equipos, mano de obra e información, así como el flujo de dinero (caja). Sea cual fuere la razón del retraso en el avance de la obra, para no variar el plazo final de entrega se debe re-planificar la cantidad de recursos.

Los pasos necesarios para la generación de una planificación maestra por hitos son: metrados de partidas, definición de métodos constructivos, cálculo de velocidades de cada partida en función de la tecnología seleccionada, cálculos por hitos intermedios así como de la magnitud de los recursos necesarios, y generación de la planificación maestra. Cabe resaltar que para la planificación por hitos se puede utilizar programas computacionales existentes en el mercado. Lo que debe primar sin embargo, es que la planificación por hitos debe ser simple y relativamente rápida de realizar. Los pasos que recomendamos seguir son:

**Paso 1:** se calcularán los metrados por tipo de trabajo o trenes de actividades. Es importante no sumar los metrados en grandes paquetes (ejemplo: concreto), ya que las velocidades y las unidades de producción básicas en cada partida serán diferentes (ejemplo: concreto de muros, concreto de columnas, concreto de losas, etc.).

**Paso 2:** se determinará la tecnología que se utilizará. La velocidad de producción de cada unidad básica dependerá de la selección que hagamos de la tecnología que se utilizará.

**Paso 3:** se determinará la cantidad de recursos por unidad básica. Significa que debemos conocer la cantidad de equipos y la composición de las cuadrillas de obreros necesarios para cada unidad básica de producción.

**Paso 4:** suponiendo que ya hemos realizado todos los metrados y que ya hemos definido la tecnología y los métodos constructivos que se utilizarán, se procederá a realizar el cálculo de la duración de cada actividad en función de una cuadrilla básica (cuadrilla mínima) y de la tecnología seleccionada (como se muestra en la siguiente tabla). Es importante determinar la velocidad de producción de cada cuadrilla por día, ya que el enfoque de la planificación estará guiado por la eliminación de tiempos muertos mediante la asignación de solo una actividad a cada cuadrilla. La velocidad de producción de cada unidad de producción básica se obtiene de la experiencia ingenieril.



Tabla 11: Cálculo de Duración de Actividad Individual

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN: CONSTRUCCIÓN EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO		N° FORMULARIO 001				
		Fecha:				
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
Tesisista: Bach. DIANET FLORES CERVANTES						
actividad	tecnología	metrado	unidad	cuadrilla	Velocidad Básica UND/día	Duración con cuadrilla básica (DIAS)
Nombre de la actividad	Tecnología seleccionada	Metrado de la actividad	und		Velocidad de producción en unidades por día	metrado /velocidad

Fuente : Elaboración Propia

**Paso 5:** se ajusta el número de unidades de producción para que, considerando la secuencia, las relaciones de precedencia y termino de los diferentes trenes de actividades, se cumpla la programación en los plazos totales establecidos.

Tabla 12: Planificación Maestra

ACTIVIDAD	UNO	METRADO	UNIDAD BÁSICA	RECURSO M. O. DE PE	VELOCIDAD UNID./DIA	RENDIMIENTO D. H/UND	DURACION CON UNIDAD	No de Unid Productivas	Duracion (días)	Duracion (semanas)	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4								
											sem1	sem2	sem3	sem4	sem1	sem2	sem3	sem4	sem1	sem2	sem3	sem4	sem1	sem2	sem3	sem4					
												<p>APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO</p> <p><b>PLANIFICACION MAESTRA</b></p> <p>Proyecto: CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Tesista: Bach. DIANET FLORES CERVANTES</p>																N° FORMULARIO 002			
												FECHA:																			

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.2. PROGRAMACION LINEAL, LA IMPORTANCIA DE LA FORMACION DE TRENES DE TRABAJO

La programación lineal, a diferencia de otras técnicas de programación como el CPM (Critical Path Method). Está basada en lograr volúmenes de producción similares para cada día, en cada cuadrilla. En este sentido, se logra eliminar las holguras que, por definición son una pérdida. La programación lineal está basada en partir los volúmenes de trabajos en porciones pequeñas, más manejables. La programación de cada actividad se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad, de forma tal que la cantidad de fierro, encofrado y concreto (por dar un ejemplo) de una porción de obra sea compatible con otras, eliminando así tiempos de espera y tiempos muertos. Cabe mencionar que existe el peligro que, al no contar con holguras, cada atraso de una actividad genere atraso al resto de actividades. Sin embargo, en el camino para obtener mayores eficiencias y productividad, tenemos que asumir mayores riesgos calculados.

Cada tarea (como por ejemplo la construcción de la estructura de un piso) se divide en porciones pequeñas o sectores que pueden ser construidas en un día de trabajo. La cantidad de trabajo (ya sea en kg de acero vertical, m<sup>2</sup> de encofrado vertical, m<sup>2</sup> de encofrado horizontal, concreto vertical, etc.) debe ser equivalente entre sí en cada sector. Es decir todas las cuadrillas deben estar balanceadas para avanzar diariamente el mismo metrado (un sector por día) por cada actividad, sin holguras o pérdidas.

En los anexos se presenta la sectorización del proyecto en estudio. Primero se muestran las cuatro plantas de la obra divididas en sectores, dentro de los cuales se ha asignado los trabajos correspondientes para facilitar la planificación y control diario de actividades, así como el balance entre las mismas. Debe recordarse que para mejorar la productividad necesitamos, entre otras cosas,

una planificación confiable pero a la vez requerimos que cada cuadrilla realice una cantidad de trabajo similar cada día. De esta forma se minimizan los picos de trabajo, y por consiguiente se reducen los valles plagados de tiempos muertos (trabajos Contributorio y no Contributorio). Además se presenta los trenes de trabajo, que están directamente relacionados a los sectores dibujados en la plantas, donde se parecía la secuencialidad del trabajo para las actividades de movimiento de tierra, habilitación de acero, losa inferior, columnas, muros y losa superior. Como se ha mencionado antes, los trenes muestran cuadrillas específicas que realizan una sola actividad desde que ingresan a la obra hasta que terminan su actividad y se retiran. Nótese también que dichas cuadrillas realizaban la misma cantidad de trabajo todos los días. A esto es lo que nosotros llamamos CONVERTIR UNA OBRA NO REPETITIVA EN REPETITIVA o reemplazar una planificación por la ruta crítica (CPM o *critical path method*) en una planificación donde todas las actividades son críticas dentro de su tren (ACP o *all critical path method*).

Tabla 13: Planificación mediante Trenes de trabajo, basados en la Sectorización

Actividad	SEMANA ACTUAL														SEMANA A							SEMANA B							SEMANA C							SEMANA D												
	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D	L	M	M	J	J	V	S	D
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6													
<b>CIMENTACIONES</b>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35													
ERIGICION DE ZAPATAS D'ANILINDIA																																																
ERIGICION DE CIMENTACIONES CORRIAS																																																
SOLADOS EN ZAPATAS																																																
COLOCACION DE ALERO HORIZONTAL - VERTICAL																																																
ENCORPADO DE CIMENTACIONES																																																
ENCORPADO EN ZAPATAS + DIMIUTOS																																																
<b>COLUMNAS VERTICALES E INCLINADAS</b>																																																
ALERO (CONDICIONAL - TRANSVERSA)																																																
ENCORPADO DE COLUMNAS																																																
CONCRETO EN COLUMNAS																																																
<b>MURO DE CONTENCION</b>																																																
ALERO (CONDICIONAL - TRANSVERSA)																																																
ENCORPADO																																																
CONCRETO EN MUROS DE CONTENCION																																																
<b>GRADEROS</b>																																																
ENCORPADO																																																
ALERO (CONDICIONAL - TRANSVERSA)																																																
CONCRETO EN GRADEROS																																																
<b>VIGAS</b>																																																
ENCORPADO																																																
ALERO (CONDICIONAL - TRANSVERSA)																																																
<b>LOSAS ALBERADA</b>																																																
ENCORPADO																																																
ALBERO (VERTICALES + TEMPERATURA)																																																
CONCRETO EN LOSA + VIGAS																																																

: Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3. PROGRAMACION

La programación es el proceso del proyecto a través del cual se identifican y realizan las acciones necesarias para lograr la ejecución del plan de trabajo diseñado durante el Planeamiento, con base en su desarrollo a un mayor detalle. Es decir, la programación es el proceso mediante el cual se protege el plan, asegurando su cumplimiento de acuerdo a lo previsto y a las metas establecidas de plazo y costo.

FIGURA 28: La programación como protección del plan

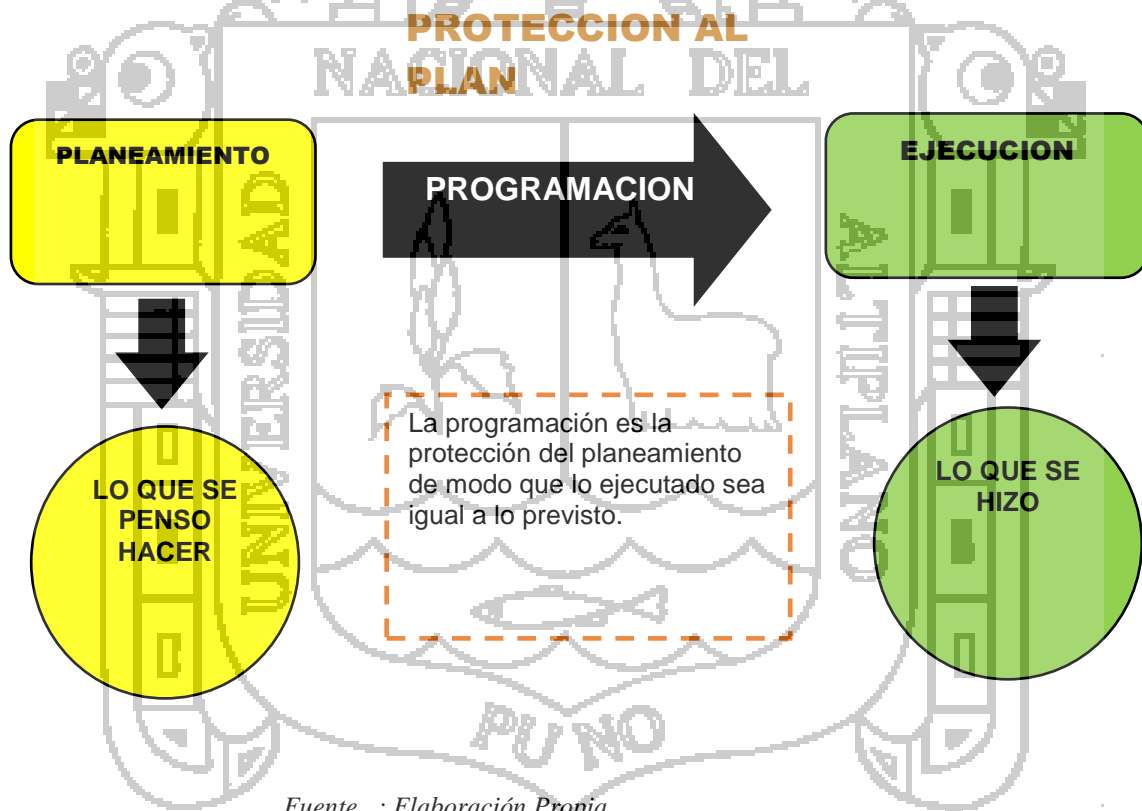
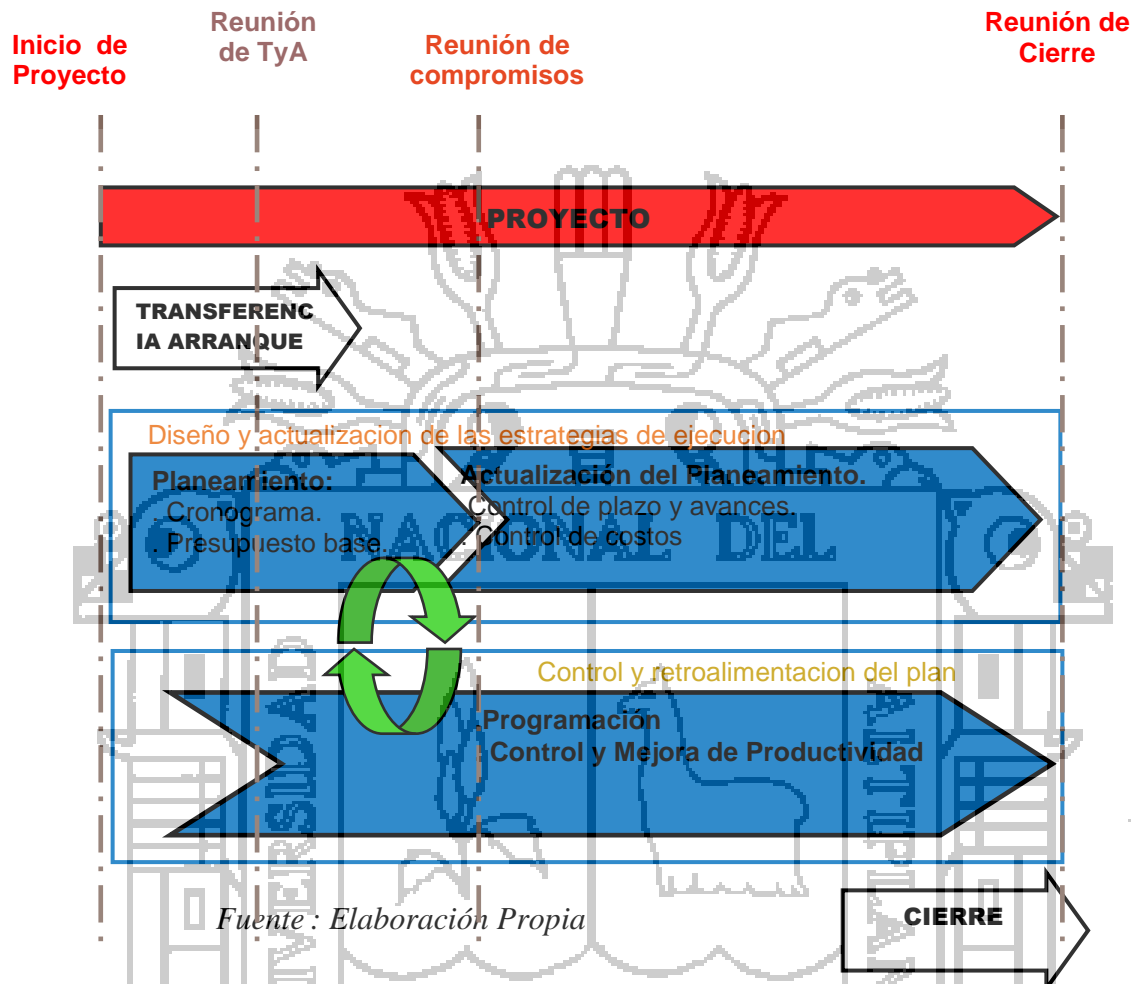
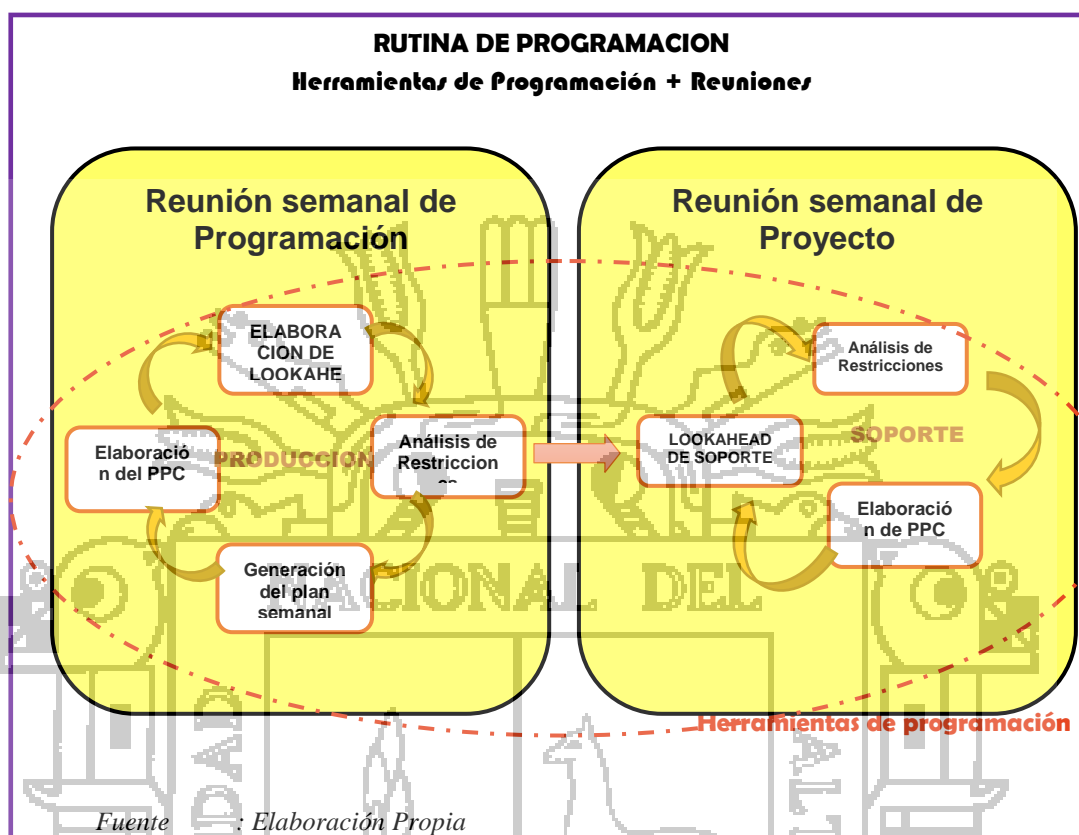


FIGURA 29: Relación entre los procesos de planeamiento y programación como parte de la Gestión de la Producción



El proceso de programación se inicia con las primeras actividades de construcción ejecutadas y se extiende a lo largo de todo el proyecto. La programación y el planeamiento son procesos dinámicos que se relacionan entre sí y que se llevan a cabo en paralelo: la programación parte del planeamiento y este a su vez se retroalimenta y actualiza, con base en los resultados de la programación. Estas relaciones se pueden observar en la figura anterior.

FIGURA 30: RUTINA DE PROGRAMACION



Las reuniones de programación establecen una rutina semanal de elaboración y revisión de las herramientas de programación. Esta rutina semanal permite definir acciones concretas en el corto y mediano plazo, evaluar su cumplimiento y tomar acción sobre resultados del mismo. Es decir, por medio de la rutina de programación podemos llevar a cabo la protección del plan. En la figura anterior se muestran las interrelaciones que conforman la rutina de programación.

- **HERRAMIENTAS DE PROGRAMACION**

- **OBJETIVO:**

Asegurar el cumplimiento de las estrategias de ejecución diseñadas en la etapa de Planeamiento y mejorar la Productividad a través de la reducción de pérdidas en los flujos.



La rutina de programación se soporta en la utilización de las siguientes herramientas de gestión:

- ✓ Look Ahead de Producción
- ✓ Look Ahead de Materiales
- ✓ Análisis de Restricciones
- ✓ Plan semanal
- ✓ Plan diario
- ✓ Análisis de confiabilidad

#### 4.2.4. LOOK AHEAD PLANNING (LAP), PLANIFICACION ANTICIPADA DE RECURSOS

Este término en inglés define a una planificación con 3 – 5 semanas de anticipación con respecto del trabajo que se conduce en ese momento en obra (su traducción sería planificación anticipada de recursos). El LAP está diseñado para prever con una adecuada anticipación los requerimientos de los materiales, mano de obra, equipo, financiamiento e información. La mayor parte de los problemas que generan atrasos e incumplimiento en la planificación de una obra son responsabilidad de los profesionales de obra. El LAP es una suerte de lista de verificación que nos permite anticipar todos nuestros requerimientos, de forma de usar el LAP como “escudo” para proteger la producción de efectos externos a ella. La construcción se ve afectada por una serie de factores, ya sea internos o externos. Frecuentemente se suele suponer que todos los factores que nos afectan son externos, fuera de nuestro control. En este sentido, el LAP logra que tomemos el control, de forma anticipada, del impacto generado en nuestra producción por la mano de obra, los materiales, los equipos, la información y el dinero; vale decir, planifiquemos la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos. De acuerdo a los estudios que se han

hecho, un porcentaje considerable de los factores que afectan la eficiencia y la productividad tienen como causa fundamental el no contar con los recursos necesarios en el momento que se les requiere.

En principio, las actividades que no cumplan con todos los requerimientos previstos no deben planificarse para la siguiente semana. Planificar actividades para las que no cuentan con recursos sería una vez más autoengañarnos. De esta forma se reduce la variabilidad en el cumplimiento de la planificación y se evita incurrir en pérdidas y gastos mayores. La forma de medir la eficiencia del LAP es mediante los porcentajes de cumplimiento de las planificaciones semanales. El LAP aumenta substancialmente la confiabilidad del sistema propuesto.


✓ **REQUISITOS:**

- Debe partir del cronograma general actualizado.
- Debe ser elaborado con la participación del ejecutor.
- Debe tener una ventana de tiempo apropiada para el proyecto.
- Debe actualizarse al menos semanalmente.

Las actividades del Look Ahead deben desprenderse del Cronograma General de ejecución del Proyecto actualizado y luego debe ser explotada a un mayor nivel de detalle si fuera necesario. Esto se muestra en la figura siguiente.

Cada responsable de producción debe elaborar el Look Ahead correspondiente a su frente o área. Los Look Aheads deben ser entregados semanalmente a la oficina técnica para su registro y distribución durante las reuniones de producción semanales de la obra.

FIGURA 31: LOOK AHEAD

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO		N° FORMULARIO 004		Fecha:																																									
						SEMANA A	SEMANA B	SEMANA C	SEMANA D																																						
Item	Actividad	Unid	Origen	Fecha Proyectoada	Cantidad Proyectoada	Avance a la fecha	Moroso Sábdo	Rendimiento Programado	Días sobo	H/Und	Rendimiento necesario	H/ Programadas	SEMANA ACTUAL	SEMANA A	SEMANA B	SEMANA C	SEMANA D																														
													L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D														
													2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.5. ANALISIS DE RESTRICCIONES

El análisis de restricciones consiste en analizar todas las actividades del Look Ahead de Producción, del horizonte determinado, e identificar los posibles obstáculos o limitaciones que impidieran hacer que las actividades consideradas en el mismo, no puedan ser programadas en su oportunidad. Tiene por finalidad identificar y proveer con adecuada anticipación de todo aquello que falta para poder ejecutar una tarea.

##### REQUISITOS

- Debe partir del análisis de cada actividad del look Ahead.
- Debe ser hecho entre la Oficina Técnica y Producción.
- Cada restricción, para su levantamiento, debe ser asignada a un responsable con un plazo razonable definido.
- Debe abarcar todo tipo de temas: Contractuales, Logísticos, Ingeniería, etc.

Los criterios o tipos de restricciones (enunciativos mas no limitativos) son los siguientes.

- ✓ INFORMACION: evaluar si se cuenta con la información necesaria (planos, especificaciones, normas, técnicas de procedimientos constructivos, etc.).
- ✓ MATERIALES: Evaluar si se cuenta con los materiales y consumibles necesarios. Para ello, el ingeniero de Producción deberá, elaborar el Look Ahead de Materiales.
- ✓ RECURSOS HUMANOS: Evaluar si se cuenta con los recursos humanos necesarios (empleados, obreros, terceros, etc.) Con la especialidad, la experiencia y en cantidad suficiente.

- ✓ EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: Evaluar si se cuenta con los equipos y herramientas necesarias (Propias y/o Alquiladas).
- ✓ ACTIVIDADES PREDECESORAS: Evaluar si las actividades predecesoras ya están ejecutadas o se ejecutaran con anterioridad al inicio de esta actividad.
- ✓ PERMISOS Y LICENCIAS: Verificar si se cuentan con los permisos municipales o los que correspondan.
- ✓ CLIENTE/SUPERVISION: Verificar si existen aprobaciones o permisos que deban ser otorgados por el cliente y/o la supervisión.

Luego de hacer todas las evaluaciones, se registran para cada actividad del Look Ahead de Producción las correspondientes restricciones, los responsables y las fechas límites de levantamiento de cada una, en el formato de Análisis de Restricciones.

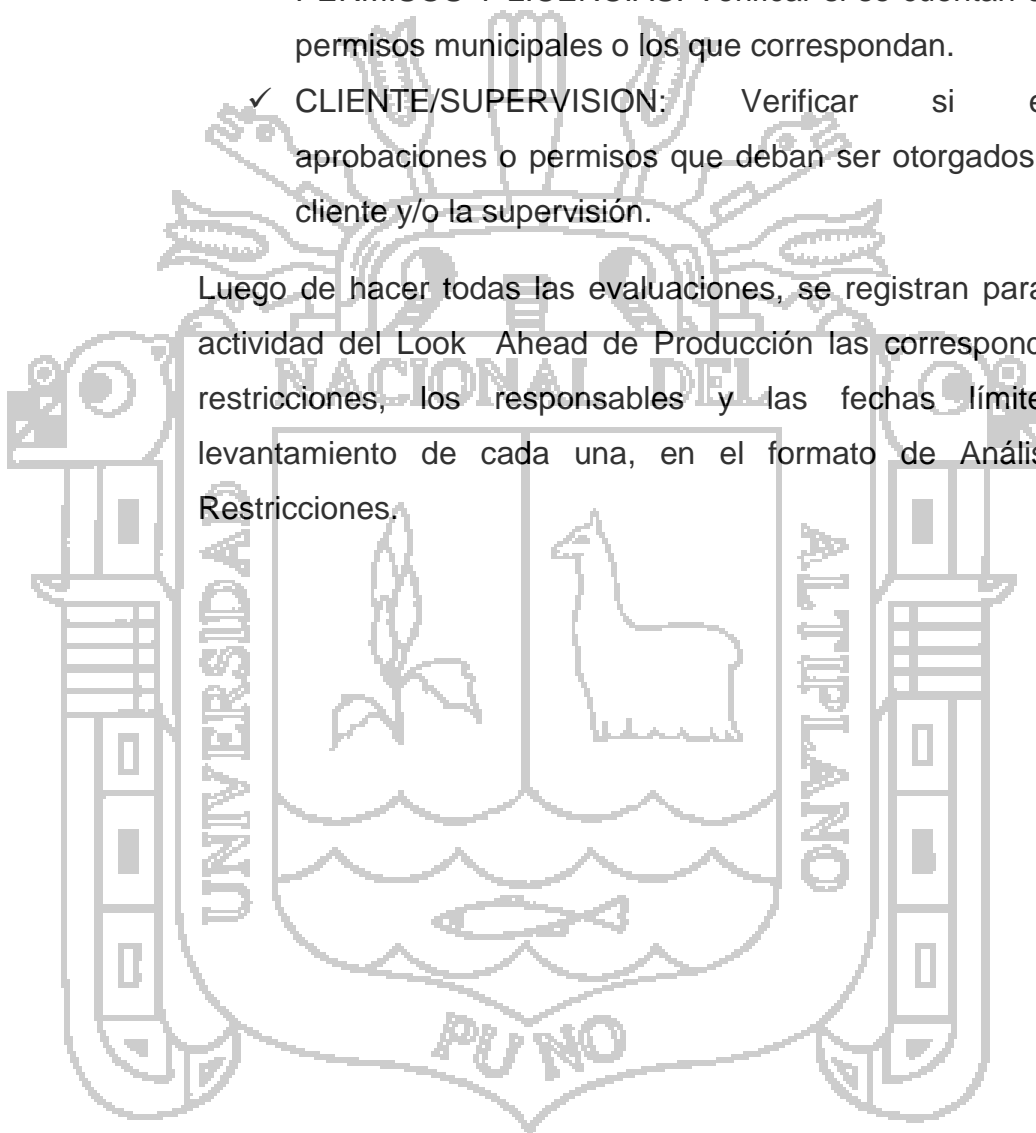


FIGURA 32: ANALISIS DE RESTRICCIONES

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO <b>ANALISIS DE RESTRICCIONES</b>					N° FORMULARIO 005 FECHA:	
Proyecto: CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Tesis: Bach. DIANET FLORES CERVANTES		Documentos de Referencia (Planos, Requerimientos, etc.)		IMPORTANCIA	ESTADO	RESPONSABLE		
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE XX/XX/XXXX AL XX/XX/XXXX	FECHA DE INICIO DEL LOOKA HEAD	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	FECHA REQUERIDA DE LEVANTAMIENTO DE RESTRICCION	IMPACTO	ESTADO	RESPONSABLE	
					ALTA	EN PROCESO LEVANTADA		
					ALTA MEDIA	EN PROCESO POR INICIAR		
					ALTA			

ALTA	ALTA
MEDIA	MEDIA
BAJA	BAJA
POR INICIAR	POR INICIAR
EN PROCESO	EN PROCESO
LEVANTADA	LEVANTADA

Leyenda:

Fuente : Elaboración Propia

Tabla 14: LISTADO DE RESPONSABLES POR TIPO DE RESTRICCIÓN DEFINIDO EN EL PROYECTO

RESPONSABLES		RESPONSABILIDADES
Id	Nombre	
<b>JOAC</b>	Jefe de la Oficina de Arquitectura y Construcción	Decisiones de estrategia de proyecto. Decisiones de compra de materiales mayores Aprobación de ingreso de Personal/compras/subcontratos.
<b>RE</b>	Residente	Coordinaciones de abastecimiento de personal/ Materiales/ Equipos. Coordinaciones de soluciones técnicas/ Control de Calidad. Canalización de requerimientos.
<b>QC</b>	Jefe de Control de Calidad	Coordinaciones con Supervisión. Aspectos Técnicos de Obra. Control de Calidad
<b>ICO</b>	Ing. De Costos	Subcontratos/ Servicios. Análisis de Costos.
<b>ICA</b>	Ing. De Campo	Replanteo de zonas de trabajos. Seguimiento de aprobación de Supervisión.
<b>AD</b>	Administrador	Procedimientos Administrativos. Instalaciones y Almacenes.
<b>JP</b>	Jefe de Personal	Ingreso de Personal. Canalización de coordinaciones con dirigentes comunales. Coordinación con comité de obra.
<b>AL</b>	Asistente Logístico	Consolidados de Requerimientos. Compras.
<b>JA</b>	Jefe de Almacén	Almacén y Logística Distribución y transporte de almacenes.
<b>JE</b>	Jefe de Equipos	Provisión de Equipos Mayores y Menores. Reposición y mantenimiento Preventivo.
<b>SUP</b>	Supervisión	Liberación de áreas con Litigio. Solución de Controversias

*Fuente : Elaboración Propia*

Aquellas actividades que no presentan restricciones estarían listas para ser programadas e incluidas en los planes semanales correspondientes.

Las restricciones determinadas por el Área de Producción deberán ser centralizadas por una persona responsable, la cual será asignada durante la personalización del Sistema de Gestión. Esta función queda definida de manera formal y la persona que asuma podría ser la misma que lidere la Reunión Semanal de Producción.

Las restricciones identificadas y analizadas serán enviadas a los responsables de levantarlas. Cada Proyecto tendrá la facultad de diseñar el flujo de información de las restricciones de producción hacia las Áreas de Soporte, así como del estado de levantamiento de las restricciones desde las áreas de soporte hacia los responsables de producción.

En la reunión Semanal de Proyecto se determinará a los responsables de hacer el seguimiento al levantamiento de cada una de las restricciones.

#### 4.2.6. PLAN SEMANAL

En la medida que se levanten las restricciones detectadas en el análisis anteriormente descrito se irán generando actividades listas para ser programadas en las semanas siguientes. El plan semanal se confecciona en base a las actividades libres de restricciones que cada Ingeniero responsable de área se compromete a ejecutar en la semana siguiente; no basta con duplicar la primera semana del Look Ahead. Esto es mostrado en la siguiente figura.



FIGURA 33: Obtención del Plan Semanal

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO <b>PLAN SEMANAL</b>		N° FORMULARIO <b>006</b>												
						Fecha:										
						Proyecto: <b>CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</b> Testista: Bach. DIANET FLORES CERVANTES										
Actividad	Urd	Duración	Fecha Planeada		Cantidad Proyectada	Avance a la fecha	Metrado Programado	Rendimiento HH/Unit Programado	PH Programado BS	SEMANA ACTUAL					OBSERVACIONES	RESPONSIBLE
			Inicio	Término						L 23	M 24	M 25	J 26	V 27		

Fuente : Elaboración Propia

El ejercicio a través del cual se establece en Plan Semanal, permite definir detalladamente las tareas que se ejecutaran en la semana y asignar los recursos necesarios para la ejecución de las tareas considerando rendimientos adecuados, estableciendo así los compromisos de producción para la semana.

- **REQUISITOS:**

- Debe contener tareas que estén listas para ser ejecutadas; es decir, libres de restricciones.
- La descripción de las tareas debe ser específica y cuantificable.
- El cumplimiento de las tareas deberá ser medido.
- Deber ser hecho por la Oficina Técnica y Producción para que refleje compromisos asumidos por los ejecutores.

Se puede definir también Actividades de reserva, BACKLOG o Colchón, que sirvan para redistribuir al personal obrero y equipos por si algún trabajo del plan Semanal no pudiera ser ejecutado. Es importante establecer el programa al inicio de cada semana, porque el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas será medido sobre este. En esta medición no se toma en cuenta las actividades de reserva.

#### 4.2.7. PLAN DIARIO

El sistema propuesto incluye la utilización de planificaciones diarias, las cuales están diseñadas para balancear la capacidad de producción real de las cuadrillas existentes respecto de la cantidad

de trabajo que se le asigna. Es relativamente común que en obra se tracen metas de cumplimiento semanal.

Se podrá usar un Plan Diario (el cual podría reemplazar al plan Semanal) en aquellos casos que lo requiera el Proyecto, en función de sus características y/o metodología de programación elegida.

El programa diario consiste en la elaboración de un programa que contemple las actividades de producción a efectuar en el día, y se elaborará de acuerdo a los mismos criterios con los que se elabora en Plan Semanal.

La planificación diaria debe incluir:

1. Todas las actividades que se realizarán durante el día, con el responsable de cada cuadrilla.
2. El número de obreros de cada cuadrilla básica así como el número de cuadrillas básicas.
3. El metrado de cada actividad que se realizara.
4. La velocidad de producción de cada cuadrilla
5. A partir de los valores anteriores, se calcula el rendimiento para cada actividad.

Se presenta un ejemplo en la siguiente figura.

FIGURA 34: Elaboración del Plan Diario

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA LUNA – PUNO										N° FORMULARIO 007	
<b>PLAN DIARIO</b>												Fecha:	
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO												Tesista: Bach. DIANET FLORES GERVANTES	
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	unidades	n° obreros	n° cuadrillas	total obreros	metrado	m <sup>3</sup> /Unidad	velocidad	n° horas/día	# días	% PPC	OBSERVACIONES		
$REND. = \frac{JORNADA LABORAL DIARIA \times No\ de\ Hombres}{Producción\ diaria}$													
PARTIDA	UND	METR. PROG	REND. PROG	METRAO REAL	REND. REAL	PPC	COMENTARIOS						
COLOCACION DE ACERO	Kg												
ENCORRADO CIMENTACION	m <sup>2</sup>												
ENCORRADO COLUMNA CIRCULAR	m <sup>2</sup>												
CONCRETO LOSA INFERIOR	m <sup>3</sup>												
CONCRETO COLUMNA CIRCULAR	m <sup>3</sup>												
ACHABADO PULIDO	m <sup>2</sup>												

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.8. ANALISIS DE CONFIABILIDAD

El análisis de confiabilidad tiene como objetivos:

- Medir la Confiabilidad del sistema de programación, es decir, la precisión con la que podemos predecir lo que se hará en la semana.
- Identificar y eliminar las causas que no permiten obtener el 100% del cumplimiento del plan semanal.
- Aprender sistemáticamente de las experiencias que se estén obteniendo en el proyecto, con el fin de no cometer errores repetitivos.

Para conseguir estos objetivos se utilizan las siguientes herramientas:

- PPC (Porcentaje del Plan Completado)
- Análisis de causas de Incumplimiento.
- Análisis Periódico de Causas de Incumplimiento.

##### 4.2.8.1. PPC (Porcentaje de Plan Cumplido)

El cálculo del PPC se hace en base al Plan Semanal o Programa Diario y se debe tomar en cuenta que:

- Se obtiene de dividir el número de tareas completadas durante la semana entre el número total de tareas asignadas en el Plan Semanal o Programa Diario.


$$PPC = \frac{\text{CANTIDAD DE TAREAS COMPLETADAS}}{\text{TOTAL TAREAS PROGRAMADAS}}$$

- Solo se consideran las tareas 100% completadas, no se toma en cuenta el % parcial de avance de las mismas. Tener en cuenta que la información plasmada en el plan Semanal deberá ser específica y cuantificable para su medición.

- Lo que se quiere medir no es el avance sino la efectividad y Confiabilidad del Plan Semanal, es decir, la calidad de la Programación.
- Si durante la semana se tiene que descartar una tarea y hacer otra, esta nueva tarea no entra al conteo de tareas completadas, así como las actividades de reserva o “BACKLOG” programadas.

El PPC semanal (o diario) y acumulado se calcula en una tabla como la que se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 35: CÁLCULO DEL PPC

		<b>008</b> N° FORMULARIO Fecha:		PPC	
				SEMANAL	ACUMULADO
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b> APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Fealista: Bach: DIANET FLORES CERVANTES		TAREAS REALIZADAS		ACUMULADO	
		SEMANAL	ACUMULADO		
TAREAS PROGRAMADAS		ACUMULADO	ACUMULADO		
		SEMANAL	ACUMULADO		
HASTA EL DIA					
SEMANA					
MES					

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.8.2. ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

Este análisis consiste en identificar las razones o causas de incumplimiento de las actividades del Plan Semanal que no se completen al final de la semana, así como llevar un registro estadístico de las mismas para entender la frecuencia de su ocurrencia y buscar soluciones para las más importantes.

Los responsables de determinar las causas de incumplimiento son los jefes de cada frente de producción. Dichas causas deben ser validadas por la Oficina Técnica, y/o Ingeniero Residente, y/o Gerente de Proyecto.

A fin de uniformizar la información generada por medio de este análisis, se ha definido las siguientes categorías de causas de incumplimiento como obligatorias para tener en cuenta dentro del análisis:

- **Programación (PROG):** Errores en la programación, cambios en programación, etc.
- **Logístico de Materiales (LOG MAT):** Ausencia o insuficiencia de materiales en el proyecto.
- **Incumplimiento de Otro Frente (IOF):** Retrasos en actividades previas.
- **Cliente/Supervisión (SUP):** Compromisos del cliente que no han sido realizados.
- **Externo (EXT):** Eventos extraordinarios como huelgas sindicales, accidentes.

Además de estas categorías mínimas tenemos un listado adicional de causas de incumplimiento que son particulares en cada proyecto, por lo que se hace necesario identificar la aplicabilidad de cada una de estas. Entre estas tenemos.

- **Ingeniería (ING);** Cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal, incongruencias de los planos con la realidad del campo.
- **Mantenimiento de Equipos (EQ);** Averías o fallas en los equipos.
- **Subcontratas (SC);** Incumplimiento en la entrega de algún recurso o servicio subcontratado.
- **Logística de Equipos (LOG EQ);** Falta de equipos.
- **Topografía (TOP);** Falta de replanteo topográfico.
- **Logística de Personal (LOG PER);** Problemas en el reclutamiento del personal.
- **Permisos (PER);** Incumplimiento de los organismos responsables de otorgar las licencias o permisos solicitados de antemano por el Proyecto.
- **Errores de Ejecución (EJEC);** Retrabajos durante el proceso constructivo.
- **Control de Calidad (QC);** Fallas o atrasos del área de control de calidad del Proyecto.



FIGURA 36: MATRIZ DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO		N° FORMULARIO 009							
		<b>MATRIZ DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO</b>		Fecha:							
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		Tesis: Bach. DIANET FLORES CERVANTES									
CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		TOTAL %	TOTAL #	SEM 21	SEM 22	SEM 23	SEM 24	SEM 25	SEM 26	SEM 27	SEM 28
PROG											
LOG											
ING											
EXT											
SUP											
ED											
ACT PRE											
0											
TOTAL ACTIVIDADES INCUMPLIDAS		0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

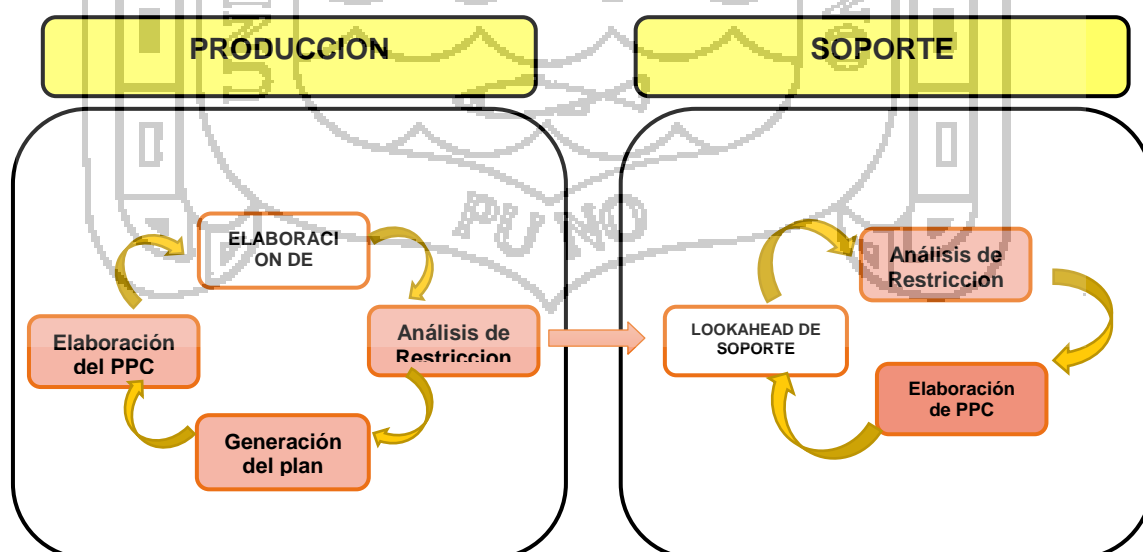
En general, cada causa de incumplimiento debe generar una medida correctiva, las cuales deben ser establecidas formalmente con la Gerencia de Proyectos y quedar plasmadas en el Acta de Compromisos de la Reunión de Producción, donde se indique el responsable de Oficina Técnica, y/o Ingeniero Residente, y/o Gerente de Proyecto, así como los ingenieros de Producción.

El objetivo es incrementar el PPC tomando acción sobre las causas de incumplimiento para evitar que se repitan. Un gráfico como el mostrado en la siguiente figura nos puede mostrar las causas de incumplimiento más recurrentes para actuar sobre ellas. Debemos entender que las causas de incumplimiento fueron en su momento restricciones no detectadas.

#### 4.2.9. LOOK AHEAD DE AREAS DE SOPORTE

El residente determinará si las Áreas de soporte (Administración, equipos, etc.) también van a elaborar Look Aheads en función a las necesidades del proyecto. El input directo de estos Look Aheads son las Restricciones del Área de Producción. Los horizontes de tiempo serán determinados por las jefaturas de estas áreas en coordinación y con la aprobación del residente de obra.

Figura 37, Esquema De Interrelación Entre Producción y Áreas De Soporte



Fuente : Elaboración Propia

4.2.9.1. LOOK AHEAD DE EQUIPOS

Con base a las actividades programadas en el look Ahead de producción, el jefe de equipo mecánico elaborara semanalmente el look Ahead de Equipos, que consiste en programar los equipos a cada actividad programada que requiera de equipos. Como se muestra en la figura siguiente.

FIGURA 38: LOOK AHEAD DE EQUIPOS

	APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO <b>LOOK AHEAD EQUIPOS</b>		N° FORMULARIO 010 Fecha:
	Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Testigo: Bach. DIANET FLORES CERVANTES		
DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	cantidad	fecha de programación	SEMANA D SEMANA C SEMANA B SEMANA A SEMANA ACTUAL
			L M N J V S D 2 3 4 5 6 7 8 L M N J V S D 9 10 11 12 13 14 15 L M N J V S D 16 17 18 19 20 21 22 L M N J V S D 23 24 25 26 27 28 29

Fuente : Elaboración Propia

4.2.9.2. LOOK AHEAD DE MATERIALES

Con base en las actividades programadas en el Look Ahead de Producción, los ingenieros de Producción elaboraran semanalmente el Look Ahead de Materiales, que consiste en programar los consumos semanales de todos los materiales estándares correspondientes a cada actividad programada, como se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 39: LOOK AHEAD MATERIALES

<p>ARQUITECTURA Y URBANISMO</p> <p>APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA LUNA – PUNO</p> <p><b>LOOK AHEAD MATERIALES</b></p> <p>Proyecto: CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO</p> <p>Tesis: Bch. DIANET FLORES CERVANTES</p>	<p>N° FORMULARIO 011</p> <p>Fecha:</p>	CANTIDAD TOTAL
	SEMANA 27	
	SEMANA 26	
	SEMANA 25	
	SEMANA 25	
Und		
DESCRIPCION DEL MATERIAL		

Fuente : Elaboración Propia

### 4.2.10. RUTINAS DE PROGRAMACION

Se establecerá una Rutina de Programación que mantenga una secuencia definida en función de las características particulares de cada Proyecto, de tal manera que se garantice un oportuno flujo de información para efectuar las reuniones de programación.

Tabla 15: Propuesta de Rutina de Programación

	JUEVES	VIERNES	SABADO	LUNES
<b>MAÑANA</b>	<b>9:00am</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración del Look Ahead Planning de producción.</li> <li>Elaboración de plan semanal de producción</li> <li>Elaboración del plan diario de producción</li> </ul>	<b>9:00 am</b> <p>Consolidados de restricciones y sus respectivos responsables para su respectiva distribución</p>	<b>9:00am</b> <p>Presentar análisis de confiabilidad Porcentaje de Plan Cumplido</p> <p>Análisis de causas de incumplimiento a oficina técnica.</p>	<b>6:50 am</b> <p>Entrega de Orden de trabajo a encargados de frentes, maestro de obra, jefes de cuadrilla y capataces.</p> <p><b>7:30 am</b> <b>PUESTA EN MARCHA LA PROGRAMACION SEMANAL</b></p>
<b>TARDE</b>	<b>3:00pm</b> <p>Entrega de LAP y Plan semanal a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina Técnica.</li> <li>Áreas de soporte: Equipos y Materiales Para Su revisión y análisis de restricciones</li> </ul>	<b>3:00 pm</b> <p>Consolidado de actividades libres de restricción.</p> <p><b>5:00pm</b></p> <p>Entrega de consolidado libres de restricciones a responsables de frente y oficina técnica</p>	<b>12:00pm</b> <b>REUNION SEMANAL DE PRODUCCION</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprobación del Plan semanal.</li> <li>Toma de decisiones para el incumplimiento de actividades.</li> <li>Designación de responsables para el levantamiento de restricciones del Look Ahead Planning de la sub siguiente semana.</li> </ul>	

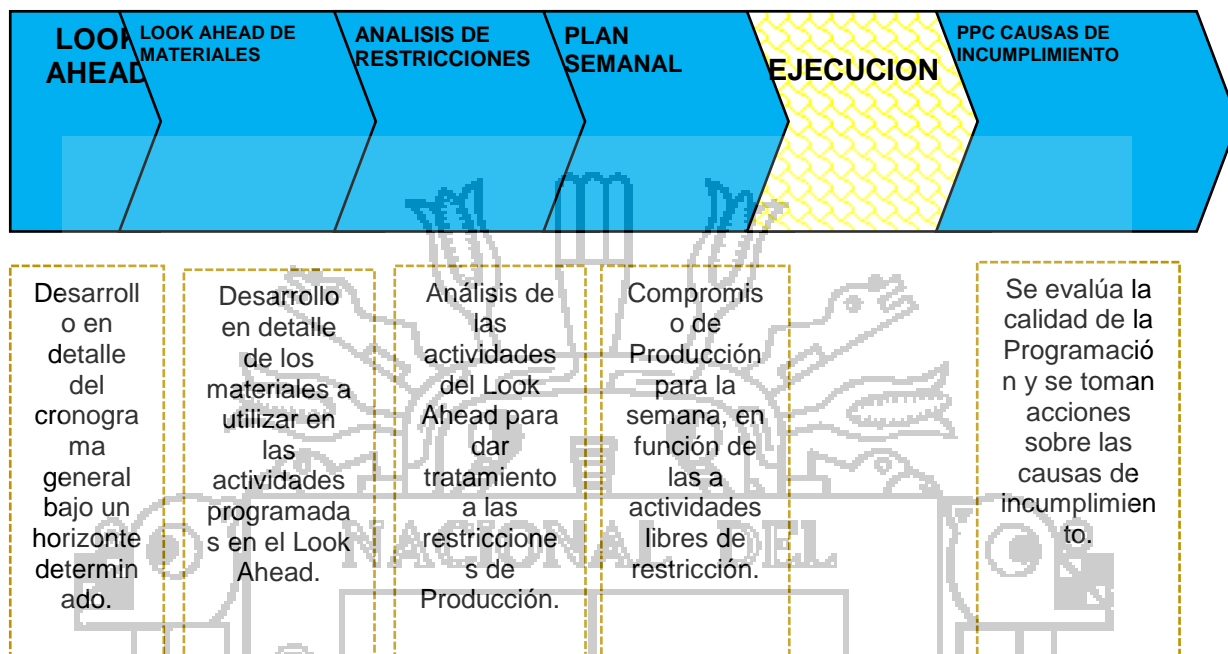
Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.10.1. RUTINA 1

Es la rutina más general y que se aplica a la mayoría de proyectos. Se utiliza cuando el planeamiento del Proyecto ha quedado plasmado en un cronograma general, a partir de la cual se elabora el Look Ahead, el análisis de

restricciones y el plan semanal o diario. Puede esquematizarse de la manera siguiente.

FIGURA 40: SECUENCIA DE PROGRAMACION – METODOLOGIA 1



Fuente : Elaboración Propia

Tabla 16: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES METODOLOGIA 1

	RO	RP	OT	AS
1. Elaborar Look Ahead de producción por frentes/área		✓		
2. Elaborar Look Ahead de materiales		✓		
3. Elaborar Look Ahead de áreas de soporte				✓
4. Determinar la aplicabilidad del Look Ahead de áreas de soporte.	✓			
5. Definir responsables por tipo de restricción.	✓			
6. Elaborar Análisis de restricciones.		✓	✓	
7. Centralizar, consolidar y distribuir Look Aheads de Producción y Restricciones.			✓	
8. Seguimiento de levantamiento de restricciones.			✓	
9. Elaboración de plan semanal.		✓		
10. Calculo de porcentajes de cumplimiento (PPC)			✓	
11. Determinar las causas de incumplimiento		✓		
12. Validar las causas de incumplimiento.	✓			

13. establecer acciones correctivas	✓	✓	✓	
14. seguimiento de acciones correctivas	✓	✓	✓	

RO: Residente de obra.

RP: Responsable de Producción.

OT: Oficina Técnica

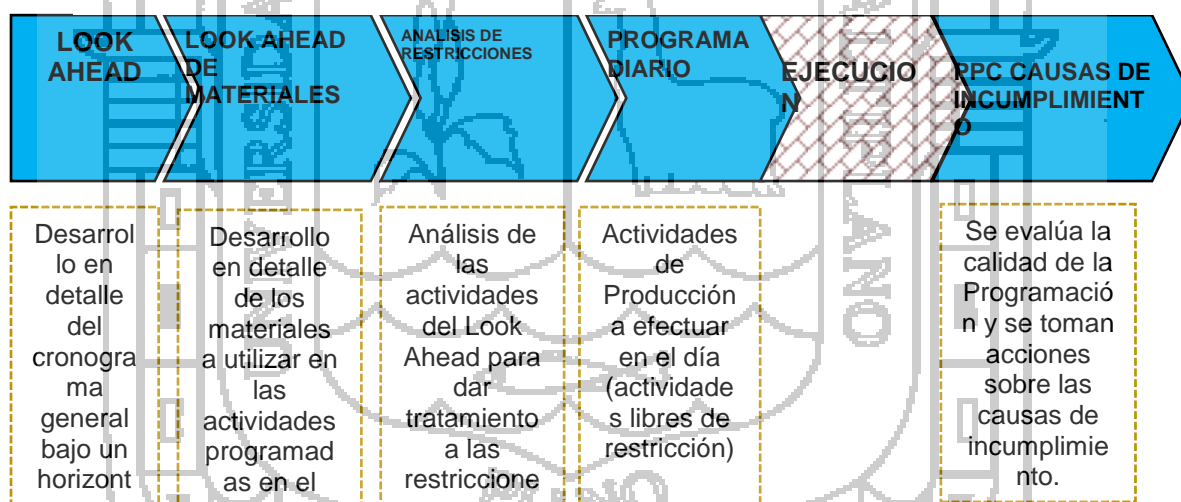
AS: Área de Soporte

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.10.2. RUTINA 2

Es una rutina particular para Proyectos o sectores de las mismas características, cuya naturaleza permite plasmar el Planeamiento en un Tren de Actividades aun nivel de detalle suficiente, sobre el cual puede aplicarse directamente en análisis de restricciones y los planes diarios. Puede esquematizarse de la manera siguiente:

FIGURA 41: SECUENCIA DE PROGRAMACION – METODOLOGIA 2



Fuente : Elaboración Propia

Tabla 17: MATRIZ DE RESPONSABILIDADES METODOLOGIA 2

	RO	RP	OT	AS
1. Tomar el horizonte de tiempo más conveniente		✓		
2. Elaborar Look Ahead de materiales		✓		

3.Elaborar Look Ahead de áreas de soporte				✓
4. Elaborar Análisis de Restricciones		✓	✓	
5. Definir los responsables por tipo de restricción.	✓			
6. Determinar la aplicabilidad del Look Ahead de Áreas de Soporte.	✓			
7. Centralizar, consolidar y distribuir Restricciones.			✓	
8. Seguimiento de levantamiento de restricciones.			✓	
9. Elaboración de plan Diario		✓		
10.Calculo de porcentajes de cumplimiento (PPC)			✓	
11.Determinar las causas de incumplimiento		✓		
12. Validar las causas de incumplimiento.	✓			
13.establecer acciones correctivas	✓	✓	✓	
14.seguimiento de acciones correctivas	✓	✓	✓	

*RO: Residente de obra.*

*RP: Responsable de Producción.*

*OT: Oficina Técnica*

*AS: Área de Soporte*

*Fuente : Elaboración Propia*

#### 4.2.11. ORDENES DE TRABAJO: TRANSMISION DE LA INFORMACION A TERRENO

La transmisión de la información generada en la planificación hasta el campo se debe realizar, de manera formal, a través de una orden de trabajo. No basta con que el capataz o el maestro de una obra sepa que actividades se deben realizar en la semana (como se práctica frecuente en nuestros medios) o incluso en el día. Para que el sistema de planificación y de optimización de la productividad propuesto en esta tesis funciones, y lo haga en la magnitud mínima para lograr índices de productividad de nivel internacionales de obra llegue a terreno de forma clara, precisa y oportuna. La orden de trabajo se extrae de las planificaciones diarias, aunque se simplifique, en la medida de lo posible, la información para no marear al personal de terreno (capataces o jefes de cuadrilla).




Hemos visto una serie de formatos para este fin. Sin embargo, el punto principal es que las órdenes de trabajo cumplan con los siguientes requisitos básicos:

- La lista de tareas que deberán ser realizadas durante el día, para cada capataz o jefe de cuadrilla.
- La información en cuanto al número de obreros por cuadrilla básica y el número de cuadrillas que se requerirán para realizar cada tarea dentro de la lista de cada capataz.
- El horario en el que cada actividad deberá ser culminada.
- Finalmente, debiera incluirse una columna para que el capataz o jefe de cuadrilla anote el porcentaje de cumplimiento de cada tarea.

En las órdenes de trabajo se pueden incluir gráficos (planos) para facilitar la comprensión de sus tareas al personal de campo (capataces y jefes de cuadrilla).

De acuerdo con la planificación diaria, se podría obtener sin mayor trámite el tareo, es decir, las horas hombres (HH's) realmente utilizadas por cada cuadrilla, para ser aplicadas en el control del consumo de HH's. Ahora, cuando la planificación diaria no se cumpla al 100%, deberán tomarse acciones correctivas para que la planificación semanal si se cumpla, apuntándose a obtener 100% del cumplimiento. Es por este motivo que el capataz deberá realizar el tareo para sus respectivas cuadrillas, lo cual incluye el consumo real de horas hombre de cuadrilla.

FIGURA 42: ORDEN DE TRABAJO

 ARQUITECTURA Y URBANISMO		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO				N° FORMULARIO 012	
		<b>Orden de Trabajo Diario</b> Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Tesisista: Bach. DIANET FLORES CERVANTES				Fecha:	
ACTIVIDAD	No DE OBREROS	No DE CUADRILLAS	TOTAL OBREROS	No DE HORAS	HORARIO	CUMPLIMIENTO	

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.12. HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE RENDIMIENTO

Hasta esta sección se ha discutido la filosofía así como una serie de herramientas para mejorar la productividad en obras de construcción. El enfoque está dirigido principalmente a la mano de obra, aunque también puede ser aplicado con igual efectividad al equipo y maquinaria. Ahora, si queremos verificar que el esfuerzo verifica que el esfuerzo propuesto en esta tesis de investigación brinda resultados, y la posibilidad de poder controlar nuestro consumo real de mano de obra, es necesario contar con herramientas que nos permitan controlar nuestra productividad en cada partida de control en obra.

Para este fin es indispensable controlar de forma diaria los rendimientos (cociente de la HH's consumidas entre los volúmenes de producción real obtenidos en obra). Es posible realizar este tipo de control aun sin contar con un sistema de gestión operacional formalmente establecido. Se ha visto que la obra en estudio de la Oficina de Arquitectura y Construcción, llevan el control de los rendimientos mediante metrados diarios de los volúmenes efectivamente realizadas. Para este fin es común utilizar un metradista que diariamente realice este trabajo. También se les puede encargar la labor a los capataces.

En el caso del sistema propuesto (de utilización de planificaciones semanales y diarias e implementación de programaciones lineales y trenes de trabajo) el control de la mano de obra es tremendamente más sencillo, rápido y confiable.

Las herramientas de control de la mano de obra deben incluir, dentro de la información que nos entregan para cada partida, lo siguiente:

- HH's consumida durante la semana.
- HH's acumulada hasta la fecha.
- HH's totales asignadas a la partida en cuestión en el presupuesto inicial de obra.
- Rendimiento Presupuestado.
- Rendimiento semanal real.
- HH's ganadas/perdidas a la fecha.
- HH's ganadas/perdidas proyectadas a fin de obra.

En la siguiente página se presenta un ejemplo de este tipo de herramientas de control de la mano de obra.

Adicionalmente, debido al nivel de planificación que se puede llegar a obtener en el sistema propuesto, es factible controlar el mismo el mismo esquema de forma diaria (y acumularse de forma semanal si es que así se quisiera). Por otra parte es conveniente acompañar la información antes descrita con un gráfico que plotee una recta que marque el rendimiento del presupuesto, una curva con los rendimientos del presupuesto, una curva con los rendimientos diarios y otra con el rendimiento promedio acumulado a la fecha.

FIGURA 43: Informe de Productividad

		APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ESTADIO DE LA UNA - PUNO		N° FORMULARIO 012									
		<b>INFORME DE PRODUCTIVIDAD/RENDIMIENTOS</b>		Fecha:									
Proyecto: CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		Tesista: Bach. DIANET FLORES CERVANTES											
<b>COLOCACION DE ACERO CORRUGADO</b>													
DATOS DEL PRESUPUESTO		HH/KG											
RENDIMIENTO: 0.033		KG											
METRADO TOTAL: 203785													
DESCRIPCION	03/11/2015	04/11/2015	05/11/2015	06/11/2015	09/11/2015	10/11/2015	11/11/2015	12/11/2015	13/11/2015	14/11/2015	16/11/2015	17/11/2015	18/11/2015

Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.13. MEDICIONES DE TERRENO

Una vez ajustada la planificación de corto plazo, mediante la programación lineal, el LAP, las programaciones semanales y las planificaciones diarias, se pasa al segundo paso en el mejoramiento de la productividad. Este paso se relaciona con las mediciones del trabajo propiamente dicho. Las mediciones nos permiten determinar con gran profundidad el diseño de los métodos constructivos que se utilizarán, del mismo modo que posibilitan cuantificar en cada cuadrilla el porcentaje de TP, TC y TNC. De esta forma el paquete de mejoramiento de productividad propuesto podrá ajustar o cambiar los métodos constructivos y apoyará la obtención de la mayor eficiencia posible, de acuerdo con evaluaciones numéricas de nuestros procesos constructivos. Adicionalmente, podremos calcular en nivel general de actividad, que medirá los parámetros de los tres tipos de trabajo en el ámbito de toda la obra. Estos valores nos permitirán comparar nuestros resultados con otras obras y no serán de utilidad para cuantificar cierto tipo de pérdidas como transportes, viajes, etc.

##### 4.2.13.1. MEDICION DEL NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD DE OBRA.

La medición del nivel general de actividad en obras es parte de las herramientas clásicas en el estudio de tiempos y movimientos utilizadas comúnmente en ingeniería industrial. Esta medición se realiza de forma aleatoria de toda obra. La muestra se toma sobre todos los obreros de la misma. De esta forma obtenemos información acerca de la utilización del tiempo en los tres tipos de trabajo fundamentales: trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). Adicionalmente, para conseguir información más precisa, la medición puede aplicarse a cada cuadrilla de la obra.

Finalmente, las mediciones de TC y del TNC se puede subdividir en:

TC: transportes (T); limpieza (L); recibir/ dar instrucciones (I); mediciones (M); otros (X).

TNC: viajes (V); tiempo ocioso(N); esperas (E); trabajo rehecho (R); descanso (D); necesidades fisiológicas (B); otros (Y)

Las mediciones se realizan de forma aleatoria. Se trata de que la persona que realiza la medición recorra el total de esta o la visualice completamente desde un punto estático. Cada vez que se tope visualmente con un obrero, deberá apuntar de qué cuadrilla es, si está realizando algún TP, TC o TNC, y, dentro de estos dos últimos, especificar la clasificación del mismo de acuerdo con lo descrito en el párrafo anterior. Es fundamental para este fin que se trabaje de forma rigurosa en la aplicación de las definiciones de cada categoría de manera permanente e inamovible.

Los resultados de las mediciones del nivel general de actividad son utilizados como muestreos del nivel que manejamos en nuestras obras y sirven para poder compararnos con estándares internacionales. Las mediciones servirán, también, para detectar cuáles son las principales pérdidas, cuantificarlas y priorizar nuestro ataque para eliminarlas.

El número de observaciones, de acuerdo con Serpell (1993), son necesario conducir 384 mediciones para que estas sean estadísticamente válidas, con una confiabilidad al 95%.

FIGURA 44: Formato para Mediciones del Nivel General de actividades.

	APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO	<b>N° FORMULARIO</b> <b>001</b>
	MEDICIONES DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD	
<b>PROYECTO:</b>	CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	<b>HORA INICIO:</b>
<b>MUESTREADOR:</b> DIANET FLORES CERVANTES	<b>FECHA:</b> 05/11/2015	<b>HORA TERMINO:</b>

MEDICIONES PARA NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

	TP	TC	TNC	Observación		TP	TC	TNC	Observación
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
20					20				
21					21				
22					22				
23					23				
24					24				
25					25				
26					26				
27					27				
28					28				
29					29				
30					30				
31					31				
32					32				
33					33				
34					34				
35					35				
36					36				
37					37				
38					38				
39					39				
40					40				
41					41				
42					42				
43					43				
44					44				
45					45				
46					46				
47					47				
48					48				
49					49				
50					50				
TT	0	0	0		TT	0	0	0	

**Clasificación del Trabajo:**

0	Trabajo Contributorio
0	T Transporte
0	L Limpieza o aseo
0	I Instrucciones
0	M Mediciones
0	X Otros TC

0	Trabajo No Contributorio
0	V Viajes
0	N Tiempo Ocioso
0	E Espera
0	R Trabajo rehecho
0	D Descanso
0	B Nec Fisiológicas
0	Y Otros TNC

0	Trabajo Productivo
0	P Productivo

Fuente : Elaboración Propia



#### 4.2.13.2. MEDICIÓN DE ACTIVIDADES PUNTUALES Y CARTA DE BALANCE

A diferencia de la medición del nivel general de actividad, la medición de actividades puntuales se centra en una actividad específica. La medición se realiza desde un punto fijo, desde donde se pueda observar la operación completa. Se trata de determinar cómo se divide el tiempo que se le dedica a cada una de las tareas dentro de una operación. Es decir, por ejemplo, como se distribuye la utilización del tiempo en realizar un encofrado. Las mediciones nos ayudan a entender la secuencia constructiva real que se está utilizando, buscar optimizar el proceso, estudiar la posibilidad de introducir algún cambio tecnológico, determinar los porcentajes de ocupación de tiempo. Lo último sirve para hallar el número óptimo de obreros para cada cuadrilla, con el objetivo de mejorar los rendimientos.

En la medición se toma el tiempo de cada obrero (operario o peón) por cada minuto. Cada vez que se toma una medición se le asigna a cada obrero el tipo de trabajo que está realizando en el instante que se le ha observado. La forma en que se divide el trabajo se tiene que definir previamente a la medición. A cada actividad dentro de un proceso se le asignara una letra, la cual será colocada en la tabla de toma de mediciones en intervalos de un minuto. El método anterior es recomendable para una cuadrilla con un máximo de 8 – 10 obreros. De otra forma, la toma de datos se torna inmanejable. El otro requisito es que el trabajo de la cuadrilla que se medirá se haga en un espacio limitado. De conducirse la actividad en un espacio demasiado grande, o en sectores donde parte de la cuadrilla quede oculta, este tipo de medición no funcionara. En cualquiera de los dos últimos casos, se

recomienda recurrir al método del nivel general de actividad, pero aplicado a una cuadrilla.

FIGURA 45: Carta de Balance

	APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACION, EJECUCION Y CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNA – PUNO	<b>N° FORMULARIO</b> 002
	<b>CARTA DE BALANCE</b>	
<b>PROYECTO:</b>	CONSTRUCCION DEL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	<b>HORA INICIO:</b>
<b>MUESTREADOR:</b> DIANET FLORES CERVANTES	<b>CUADRILLA:</b>	<b>FECHA:</b>
		<b>HORA TERMINO:</b>

**MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	OBSERVACIONES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	TOTAL
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TT	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Clasificación del Recurso:**

Recurso	Actividad	Nombre / Código
Recurso I		AY1
Recurso II		AY2
Recurso III		A1
Recurso IV		A2
Recurso V		A3
Recurso VI		A4
Recurso VII		A5
Recurso VIII		A6

**Clasificación del Trabajo:**

A Trabajo No contributivo  
 B No esta presente  
 C Trabajo contributivo

**Trabajo Productivo:**

D Colocado de paneles  
 E Apuntalamiento  
 F Plomado de encofrado  
 G Asegurado de encofrado  
 H Clavado de barrotes  
 J .....

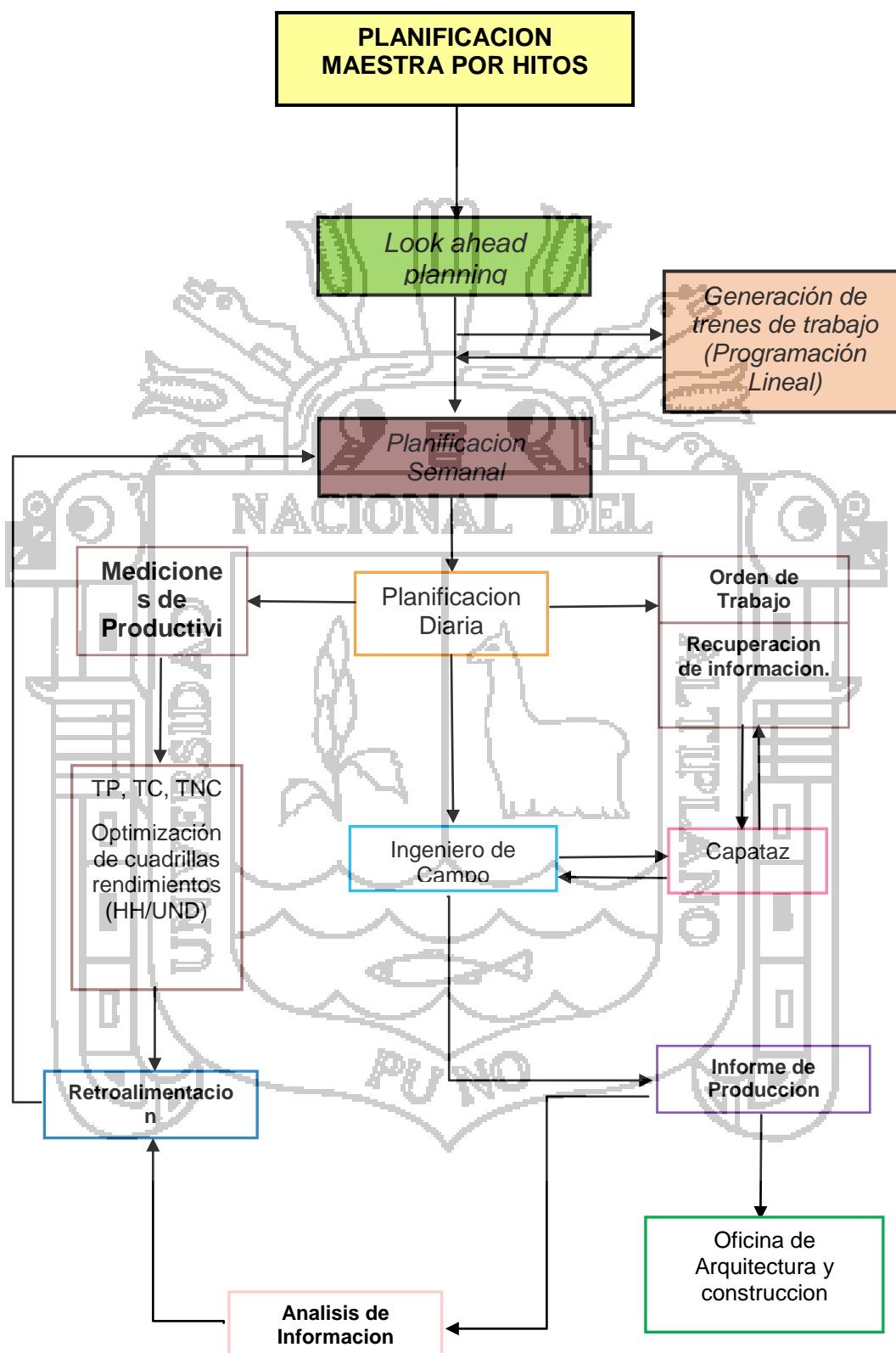
Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.14. FLUJO DE INFORMACION DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION

La gestión de operaciones de obra se inicia con la PLANIFICACIÓN MAESTRA POR HITOS. En base a esta planificación preliminar, se inician los trabajos para desarrollar el LOOK AHEAD PLANNING y la PROGRAMACION DE LOS TRENES DE TRABAJO. Este trabajo preliminar debería realizarse, de preferencia, antes de iniciar los trabajos en terreno.

Posteriormente, se trabaja con las PLANIFICACIONES SEMANALES y PLANIFICACIONES DIARIAS. Estas están orientadas a la gestión de trabajo mismo, por lo que deben ser procesadas en paralelo con el trabajo físico del terreno. Las planificaciones semanales se desprenden de la planificación general por hitos, y a su vez, las planificaciones diarias se desprenden de la planificación semanal. La información recorre los flujos. El primero es el de la oficina técnica a terreno, a través de las órdenes de trabajo y la recuperación de la información de terreno (de los volúmenes de trabajo efectivamente realizados con el consumo de mano de obra en cada caso). El segundo es que la información obtenida de las mediciones de terreno, particularmente en lo que refiere a los rendimientos directos del trabajo, se reintroducen en los cálculos de las planificaciones diarias, de forma que se ajusten el consumo de mano de obra y así trabajar en un círculo de mejoramiento continuo. Finalmente, la información de los dos círculos de información se refleja en los informes de producción preparados tanto para Oficina de Arquitectura y Construcción de la Universidad Nacional del Altiplano como para la dirección de la obra.

FIGURA 46: Flujo de Información del Nuevo Sistema de Gestión



Fuente : Elaboración Propia

#### 4.2.15. USO DE INCENTIVOS EN EL NIVEL DEL OBRERO

El uso de incentivos presenta una serie de posibilidades para todos los gustos. Sin embargo, los autores consideran que, sea cual sea el estilo preferido del uso de incentivos para mejorar la producción que el usuario desee incorporar en su empresa, los incentivos para mejorar la producción que el usuario desee incorporar en su proyecto, los incentivos deben ir necesariamente unidos al cumplimiento de la planificación. Se debe tener especial cuidado con los incentivos relacionados únicamente a la producción puntual de una cuadrilla. El resultado general de este tipo de incentivos es perjudicial para el adecuado desarrollo de una obra de construcción.

### 4.3. REQUISITOS POR CUMPLIR PARA LA APLICACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN EN OBRA

#### 4.3.1. LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO

El manejo del conocimiento es primordial en estos días de cambio vertiginoso. El tipo de profesional que aprendía gran parte de lo que necesitaba a través de su experiencia en terreno es actualmente una especie de extinción. En la segunda década del siglo XXI, es impensable esperar que la velocidad de aprendizaje que implica la experiencia pura sea suficiente para que nuestras obras subsistan. Es imprescindible que nuestros profesionales manejen el conocimiento, que por lo demás, se encuentra disponible en libros, artículos y obviamente, a través de internet.

El conocimiento debe ser reconocido por la entidad como la fuente y razón de ascenso dentro de la misma. Si nuestro discurso indica a nuestros profesionales que el conocimiento es el camino a seguir, pero en la práctica los sueldos y los ascensos van de acuerdo con los años que llevan nuestros profesionales en la entidad, estaremos dando mensajes equivocados y perdiendo la ventaja que nos daría el conocimiento en nuestra entidad.

#### 4.3.2. EL AGENTE DEL CAMBIO

En cualquier publicación que se refiera a cualquier tipo de cambio o implementación de una nueva tecnología o filosofía, se recomienda que exista un agente de cambio, un campeón como lo definen en algunas publicaciones. Si bien esto es absolutamente cierto, de acuerdo con la experiencia de los ejecutores de esta tesis, uno de los casos más frecuentes de fracaso en la implementación de nuevas filosofías es que la dirección ejecutora pretende que todos evolucionen menos ella misma. Es decir la dirección ejecutora reconoce la necesidad de un cambio y que su performance ha decrecido notoriamente en los últimos años. Incluso reconoce que se requiere un cambio importante en la forma en que se están manejando los proyectos. Sin embargo, cuando hay que implementar la nueva estrategia o filosofía esta es siempre asignada a profesionales de segundo nivel. Lo más probable es que, en este caso, la iniciativa haya nacido muerta, por lo que no tendrá ninguna posibilidad de éxito.

En principio, el agente de cambio debería ser el jefe de la unidad ejecutora de la Oficina de Arquitectura y Construcción. Respuestas al cambio como aquellas de *no tengo tiempo* o que la *Oficina está demasiado ocupada con otros menesteres* son quizás la razón por la cual los índices de rendimiento de las obras ha decaído. En la actualidad, no querer aceptar el cambio como una necesidad imperiosa de la unidad ejecutora es simplemente una excusa que costara muy caro en un futuro.

Por todo esto es imprescindible que el agente de cambio absorba (al derecho y al revés) la filosofía necesaria para impulsar el cambio. Adicionalmente, el agente del cambio deberá entrenarse en el correcto uso de las herramientas a través de las cuales se manifestara el cambio. Pese a que es necesario que las dos premisas se den, el agente del cambio no podrá manejar el cambio si es que no cree en la filosofía que sustenta en cambio en el nivel de una religión.

Una vez que el agente del cambio maneje a profundidad la filosofía y las herramientas del cambio, el paso siguiente es lograr que la segunda línea de mando asuma esa misión como propia. Los residentes de Obra, los ingenieros asistentes de campo, asistentes de oficina técnica y en general los profesionales que se encuentran inmersos en la construcción deberán ser los *conversos fieles* a la nueva filosofía.

#### 4.3.3. TRANSMISION DEL CONOCIMIENTO A TERRENO

Para que la nueva filosofía y sus herramientas lleguen terreno y se apliquen efectivamente es necesario que los residentes de obra y asistentes de campo sean los encargados de implementarlos bajo la supervisión del *agente del cambio*.

La introducción en terreno deberá ir acompañada de cursos y de un manual de procedimientos que sirva de guía para el cumplimiento en el uso de las herramientas para el aumento de la productividad.

Finalmente, es importante que los ingenieros de campo cuenten con una lista de los puntos que deberán verificar en terreno cada vez que realicen una visita al mismo. Es común que este nivel de profesional, durante sus visitas a obra, de una vuelta por la obra y revise el último informe financiero. Es necesario involucrar a todos en el manejo optimizado de la obra y que, principalmente, la unidad ejecutora sea quien resguarde el correcto uso de las herramientas entregadas a través de lo que pida a sus ingenieros.

#### 4.3.4. COMO LIDIAR CON EL EXCESO DE GENTE

Por lo general, y de acuerdo con los resultados observados en la investigación de campo es muy posible que nos encontremos con algún exceso de personal obrero y administrativo de obra. El nuevo sistema de gestión operacional propuesto facilita el manejo de obra y, por ende, tiende a reducir el personal obrero. En principio, lo que se logra es optimizar nuestra producción, tratando de apuntar a estándares internacionales.

En el corto plazo, parecería indicar que esta política de reducción de personal generaría una reducción en la oferta de empleo. En el corto plazo, sin embargo, la capacidad de la unidad ejecutora de hacer sus obras con máxima eficiencia generara la construcción de más obras, lo que necesariamente redundara en más empleo. Adicionalmente, al mejorar los niveles productivos de la nuestras obras así como de nuestros individuos motivara el incremento de los sueldos. Es un camino largo y duro por recorrer, pero lo cierto es que en la actualidad no hay muchas alternativas posibles para subsistir en las condiciones de mercado globalizadas.

#### 4.3.5. ESQUEMA DE REMUNERACIONES EN FUNCION DEL CONOCIMIENTO

En la presente tesis de investigación, se propone cinco escalas remunerativas que van directamente relacionadas con sus capacidad de manejo del nuevo sistema de gestión.

La primera es la del Practicante, periodo de prueba al que se somete al recién egresado de la Universidad. Su ascenso a la siguiente escala de remuneración de sueldo está relacionado con su aprendizaje del sistema de gestión, de forma que sean capaces de encargarse de la gestión operacional de obras pequeñas por si solos. Esta posición es la del ingeniero asistente. Una vez que el ingeniero asistente desarrolla su manejo y comprensión de los sistemas en los niveles superiores, se le designa como Residente Junior. Para pasar a la siguiente escala, de Ingeniero Residente, nuestros profesionales deben manejar, además del sistema, aspectos de logística, manejo financiero y manejo contractual de subcontratas en el proyecto. Finalmente, para pasar a la siguiente escala, nuestros ingenieros deben potenciar el conocimiento de la Oficina de Arquitectura y Construcción mediante estudios de maestría en el exterior. Cuando regresan asumen la posición de residentes senior y pueden convertirse en Jefes de la Unidad Ejecutora.



#### **4.3.6. MEJORAR A LOS PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS: EL SIGUIENTE PASO**

Si bien es necesario que el cambio parta de nosotros mismos en el proceso de optimización de la productividad, llegaremos rápidamente a chocar con las fronteras de nuestros propios subcontratistas. Dependiendo del tipo de obra, el porcentaje de subcontratos especializados pueden llegar a ser alto con respecto del trabajo que realiza directamente la unidad ejecutora.

El siguiente paso, por tanto, es entrenar y transmitir a los conceptos y la filosofía de nuestra unidad ejecutora a nuestros subcontratistas y proveedores. Ya sea en caso que un alto porcentaje de la obra sea manejado por subcontratos, o que este porcentaje sea menor, siempre limitara nuestro esfuerzo de optimización, debemos hacerlo en ese porcentaje, sea cual fuera, que es manejado por nuestros subcontratistas.

#### **4.3.7. ANALISIS DEL COSTO DE IMPLEMENTACION DEL NUEVO SISTEMA DE GESTION**

La implementación del nuevo sistema de Gestión, definitivamente es factible debido a que no solo reducirá los costos de la mano de obra, sino que también reducirá los costos indirectos, es decir que no habrá más costos de la que hay en la actualidad, con la implementación del nuevo sistema de gestión de construcción; al contrario se reducirán los costos, debido a que el nuevo sistema es diseñado para reducir y/o eliminar perdidas y eso significa reducir costos en la ejecución de obras, el que detallaremos, pero antes, recordemos que el nuevo sistema de gestión es diseñado para mejorar los factores claves que son: el manejo de logística, eficiencia de la mano de obra y la eficiencia del planeamiento de obras.

Para mejorar la eficiencia en el manejo de logística se requiere que los materiales sean requeridos justo a tiempo y conforme a lo establecido en las normas legales y eso tiene un costo nulo; también es necesario para mejorar el manejo de logística hacer coordinaciones con la Oficina de Abastecimientos y que los materiales sean recepcionados en las mismas obras y eso también tiene un costo nulo, al contrario significaría la eliminación del Almacén Central con lo que se eliminarían los costos de transporte, gastos administrativos y otros costos que ocasiona el mencionado Almacén Central; entonces definitivamente el costo del mejoramiento del manejo de logística no tiene un costo, sino al contrario nos permitirá reducir los costos directos e inclusive indirectos.

La potencialización del recurso de mano de obra tampoco significara algún costo, debido a que para mejorar la eficiencia de la mano de obra se requiere de capacitación y entrenamientos a los obreros y ese costo para la Oficina de Arquitectura y Construcción es nulo, porque los costos de las mencionadas capacitaciones serán cubiertas por los mismos obreros, debido a que los mismos obreros demandan des esas actividades para un ascenso de categoría.

El mejoramiento de los planeamientos de obras tampoco requiere de algún otro costo al proyecto, debido a que el proyecto considera un ingeniero residente de obra y las capacitaciones realizadas por este deben ser cubiertas por el mismo, la propuesta de que los residentes asuman su rol de residentes tampoco implica otros costos. Finalmente, los costos de monitoreo por el agente de cambio propuesto por el nuevo sistema de gestión, si implica un costo, pero que no es muy elevado, veamos por qué: el nuevo sistema de gestión deberá ser monitoreada por un profesional, el que si ocasionara un costo similar al pago del de un residente pero este agente de cambio monitoreara todas las obras de la unidad ejecutora.

#### 4.4. EJECUCION DE PROPUESTA: CASCO ESTRUCTURAL – PRIMER NIVEL

La ejecución de la propuesta, se realizó con las partidas que se viene ejecutando actualmente en obra, lo que se hizo es realizar una planificación y programación de obra hasta el avance actual que tiene la obra que representa un 26.135% y un monto acumulado de 11'876,480.77, lo que se busca, es realizar la programación de la ejecución de obra utilizando la Nueva Gestión de Proyecto basado en la Filosofía Lean Construction, lo que queremos representar es la idealización de la ejecución de obra, el tiempo en el que se debió ejecutar el 26.135%, si se hubiera empleado desde un principio la Filosofía Lean, a continuación se desarrollara la propuesta de ejecución para el proyecto en estudio de esta tesis.

##### 4.4.1. PLANIFICACION DE OBRA

###### 4.4.1.1. SECTORIZACION

La sectorización de la estructura se realizó mediante los metrados, el objetivo fundamental es tener similar cantidad de actividades en las diferentes zonas de trabajo, se ha identificado 15 sectores (S1, S2, S3,...S15) en la construcción del primer nivel, en el segundo nivel también se identificó 15 sectores (T1, T2, T3,... T15), en el tercer nivel se identificó 15 sectores (U1, U2, U3,... U15) y en el cuarto nivel de la construcción también se identificó 15 sectores (V1, V2, V3,... V15), como se muestra en las tablas de metrados y la sectorización en los planos que estarán adjunto en los Anexos.

###### 4.4.1.2. DURACION DE ACTIVIDADES

El cálculo de la duración de cada actividad con su respectivo metrado se hizo con las partidas de estructuras que hasta el momento se ha ejecutado en la obra más los metrados y los sectores correspondientes a la tribuna Sur,

se empleó los formatos desarrollados para su cálculo correspondiente, dicho cuadro esta adjunto en los Anexos.

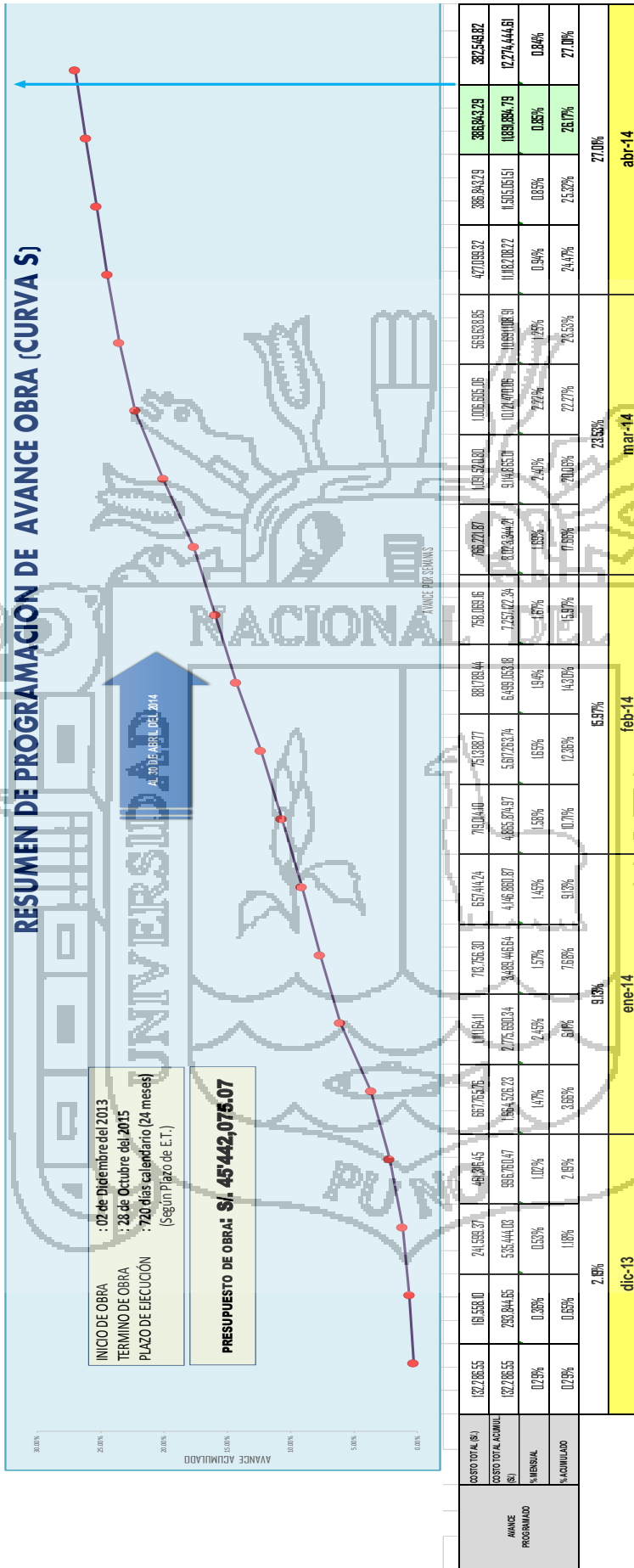
#### 4.4.1.3. PLANIFICACION MAESTRA POR HITOS

Realizada la duración de cada actividad nos vamos a desarrollar la planificación maestra por hitos, aquí se programara la ejecución de cada partida y su duración en semanas y meses identificando las actividades sucesoras y las actividades predecesoras. Para este caso la semana está conformada por 05 días (L, M,... V) y los días sábados se tomaran como un Buffer (colchón) para poder completar o avanzar las actividades contempladas en esta planificación. La planificación se realizó en los formatos desarrollados en la presente tesis y lo podemos ver en los Anexos.

#### 4.4.1.4. ELABORACION DE LA CURVA S

Realizada la planificación maestra por hitos, calculamos el monto a ejecutar el metrado por el costo unitario de cada partida. La curva S, nos permitirá realizar el control real del avance físico de nuestra ejecución de obra con la programación. Para la nueva Gestión de Proyecto, la curva S programada con la ejecutada no deberá variar puesto que a partir de la planificación maestra ejecutamos el LookAhead Planning, realizando el análisis de restricciones anticipadas para la ejecución de cada actividad en el LAP, no existe holguras ni ruta crítica, todas las actividades son críticas, y se debe desarrollar en el tiempo planificado. A continuación presentamos la curva S desarrollada desde la planificación maestra, mostrado hasta el avance actual de la obra y como se hubiera desarrollado con la utilización de las herramientas.

FIGURA 47: Control de Programación de Obra Curva S



Fuente : Elaboración Propia (VER LAMINNA EN ANEXOS)

## CONCLUSIONES

- La ejecución de la obra en estudio, inicio el 07 de noviembre del 2013 con un plazo previsto para su culminación el 28 de octubre del 2015 con una duración de 720 días calendarios, y actualmente tiene un avance del 26.135% que hace un monto acumulado de ejecución s/. 11'876,480.77, respecto al cronograma programado la obra se encuentra retrasada por una serie de circunstancias, pero si la obra hubiese sido conducida y planificada desde su inicio bajo el enfoque Lean, el actual avance físico y financiero de obra se hubiera ejecutado en un aproximado de 05 meses, como lo hemos calculado en la ejecución de la planificación maestra. Cabe recalcar que los trabajos que se deben realizar bajo el enfoque Lean es un compromiso de todos, desde la categoría más baja de los obreros hasta la dirección del proyecto.
- Con la ejecución de la presente investigación se ha obtenido los resultados de las mediciones de productividad con la técnica de Nivel General de Actividad en la obra de la construcción del estadio de la UNA – PUNO (TP = 36%, TC= 43% y TNC = 21%) están por encima de los resultados promedios obtenidos en las obras en Lima del año 2001 (TP = 28%, TC= 36% y TNC = 36%), pero aún es bajo a comparación de los estándares Internacionales como es Chile (TP = 66%, TC= 15% y TNC = 19%) y Colombia (TP = 55%, TC= 25% y TNC = 20%), estos valores nos da un punto de referencia, que en nuestro medio la productividad en nuestras obras no son las óptimas, es por esa razón por la que necesitamos hacer un primer

esfuerzo por demostrar que es posible mejorar el desempeño de los proyectos mediante el cambio de nuestra manera de pensar, estos resultados nos conlleva a formular un Nuevo Sistema de Gestión en la obra en estudio empleando la Construcción Lean y sus herramientas de planificación, programación, ejecución y control, para mejorar la productividad y la optimización de mano de obra, materiales y equipos.

- Las técnicas empleadas nos han permitido realizar una medición de la situación actual de la obra en estudio, lo cual nos ha conllevado a realizar la propuesta de un Nuevo sistema de Gestión, basado en la Construcción Sin Perdidas. Este nuevo sistema de gestión permitirá, optimizar los procesos constructivos, mediante el uso de las cartas de balance ayudando a reducir o aumentar las cuadrillas, estos ajustes de cuadrillas representan un ahorro económico en el costo de la mano de obra y se deben realizar a todas las cuadrillas que laboran en obra.
- La presente tesis de investigación ha desarrollado las principales herramientas para mejorar la productividad y lograr una construcción sin perdidas. También permite al lector y a los principales actores de la ejecución de una obra, informarse sobre el uso de las herramientas de la Filosofía Lean y su aplicación, su implementación es una decisión que debe tomar los profesionales que dirigen una obra, tomando el enfoque de la eliminación despiadada de pérdidas en la construcción, grasa superficial y grasa interna. De los beneficios que tiene cada herramienta Lean se

puede asegurar que la sectorización y los trenes de trabajo son herramientas muy sencillas de aplicar y que a su vez son las que más aportan en cuanto a mejoras del proyecto con respecto a la visión general, dichas herramientas permiten pasar de un sistema Push a un sistema Pull, acortan tiempo de ejecución gracias a la superposición de actividades y brindan mejoras en la productividad debido a que se designa cuadrillas específicas para cada tipo de trabajo.

- La propuesta del nuevo sistema de gestión y el uso del sistema Last Planner permiten reducir considerablemente los efectos de la variabilidad sobre nuestros proyectos, en nuestro caso aplicando todos los niveles de planificación y programación se puede cumplir con los plazos establecidos para la culminación de la obra, para lograr dicho objetivo es necesario mejorar los problemas de la obra y es ahí donde radica la importancia de las causas de incumplimiento, para esto es necesario tomar las acciones correctivas y darle mayor énfasis en solucionarlos.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el nuevo sistema de gestión sea implementado progresivamente y que simultáneamente se sigan investigando sobre nuevas herramientas y tecnologías modernas para mejorar la productividad de las obras en nuestra universidad y así mejorar la calidad y gerenciar los riesgos, y que de esa forma la Oficina de Arquitectura y Construcción esté preparada para entrar en un mercado competitivo de la construcción.
- Se recomienda implementar a este nuevo sistema de gestión un control de productividad Total de la obra como es el caso de los Índices de Productividad que analizan toda la obra la distribución de las horas hombre para todas las fases del proyecto a diferencia que los controles actuales en los cuales solo se lleva un registro de las partidas incidente de presupuesto. El no tener un control de horas hombre de toda la obra le quita un poco de confiabilidad a los controles de productividad que se llevan actualmente.
- Existe una gran oportunidad de mejora en la gestión de la construcción de un proyecto de edificaciones que es el manejo acertado de los subcontratistas, en nuestra obra en estudio no se ha visto ningún subcontratista, pero se recomienda manejar una gestión de subcontratistas involucrándolos a estos terceros en la planificación y programación de obra responsabilizando a cada uno de los avances pactados para cada semana, de esta manera se podría no solo lograr un proyecto más eficiente y mejorar plazos sino que indirectamente se logra que cada contratista sea eficiente

en sus actividades, lo cual les genera una mayor rentabilidad beneficiando indudablemente tanto a la obra como a los subcontratistas. Decimos esto porque considero que es un tema importante que podría ser abordado en otro trabajo futuro.

- Se recomienda a los docentes universitarios y a las carreras afines a la construcción, ofrecer programas adecuados para los alumnos de Arquitectura e Ingeniería Civil significa reconocer que un alto porcentaje de los egresados van a trabajar en la construcción de edificaciones. Es imperativo que el profesional de la construcción reciba un conocimiento básico común, pero también reciba una educación especializada en el área en el cual va a trabajar. La razón por la cual nuestro TP = 36%, responde en gran medida al desconocimiento generalizado de la filosofía y de las herramientas de gestión de producción en la construcción.

## Bibliografía

1. ALARCON CARDENAS , L., & GONZALES, V. (2003). *BUFFERS DE PROGRAMACION: UNA ESTRATEGIA COMPLEMENTARIA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCION*. SANTIAGO DE CHILE: Pontificia Universidad Catolica De Chile.
2. ALARCON CARDENAS, L. F. (2003). *PLANIFICACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION PARA LA CONSTRUCCION*. Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.
3. ALARCON CARDENAS, L. F. (2008). *GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR*. SANTIAGO: PUCC.
4. BOTERO BOTERO, L. F. (2006). *CONSTRUCCION SIN PERDIDAS, ANALISIS DE PROCESOS Y FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION*. COLOMBIA: Legis.
5. BULEJE REVILLA, K. E. (2012). *PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION DE UN CONDOMINIO APLICANDO CONCEPTOS DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION*. LIMA: Pontificia Universidad Catolica Del Peru.
6. DIAZ MONTECINO, D. A. (2007). *APLICACION DEL SISTEMA DE LA PLANIFICACION LAST PLANNER A LA CONSTRUCCION DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA*. SANTIAGO DE CHILE: UNIVERSIDAD DE CHILE.
7. GHIO CASTILLO, V. (2001). *PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCION*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Catolica del Peru.
8. HERMAN GLENN, B. (1994). *THE LAST PLANNER SYSTEM*. Monterey: Northern California Construction Institute.
9. HERMAN GLENN, B. (2000). *LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM*. CALIFORNIA: LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE CALIFORNIA.
10. HUARCAYA HUAMANI, J. S. (2014). *EJECUCION LEAN Y CONTROL DE PRODUCCION EN PORYECTOS DE CONSTRUCCION*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.

11. Institute, L. C. (27 de OCTUBRE de 2015). *LCI*. Obtenido de LCI:  
[www.leancontracting.org/glossary.htm](http://www.leancontracting.org/glossary.htm)
12. KOSKELA, L. (1992). *APLICACION OF THE NEW PPRODUCTION PHILOSOPY TO CONSTRUCTION*. EE.UU.: Stanford University.
13. MARTINEZ RIBON, J. (2011). *PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE LA FILOSOFIA LEAN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION*. BOGOTA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
14. OHNO, T. (1988). *TOYOTA PRODUCTION SYSTEM*. JAPON: JAPON.
15. ORIHUELA, P. (2008). APLICACION DE LA TEORIA DE RESTRICCIONES A UN PROCESO CONSTRUCTIVO. *BOLETIN No 01, 12*.
16. RODRIGUEZ CASTILLEJO, W. (2012). *MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION DE OBRAS CON LEAN CONSTRUCTION, TRENCHLESS, CYCLONE, EZSTROBE, BIM*. Lima: CULTURABIERTA E.I.R.L.
17. ROJAS VERA, R. (2005). *LA CONSTRUCCION: ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UNA NUEVA FILOSOFIA DE PLANIFICACION DE PROYECTOS LEAN CONSTRUCTION*. CHILE: PUCCH.
18. SERPELL, A. (1993). *ADMINISTRACION DE OBRA DE CONSTRUCCION*. SANTIAGO DE CHILE.