

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA



TESIS

**ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN SONORA EN LA BIBLIOTECA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS EN LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ, JULIACA, 2017**

PRESENTADA POR:

SERGIO MARTIN CHUPA ALMANZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INFORMÁTICA

MENCIÓN EN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA

TESIS



ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN SONORA EN LA BIBLIOTECA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS EN LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ, JULIACA, 2017

PRESENTADA POR:

SERGIO MARTIN CHUPA ALMANZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INFORMÁTICA

MENCIÓN EN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

.....
Dr. EDGAR ELOY CARPIO VARGAS

PRIMER MIEMBRO

.....
Dr. Sc. ALEJANDRO APAZA TARQUI

SEGUNDO MIEMBRO

.....
M.Sc. SAMUEL DONATO PÉREZ QUISPE

ASESOR DE TESIS

.....
M.Sc. REMO CHOQUEJAHUA ACERO

Puno, 27 de diciembre de 2017

ÁREA: Inteligencia artificial.

TEMA: Análisis de algoritmos de sonido.

DEDICATORIA

A mis queridos Padres, Martin y Anastacia;

mi amada Esposa Leonor y a mi

entrañable hijo Adbeel Sergio; quienes

me motivan a ser buen hijo, esposo y padre



AGRADECIMIENTOS

- Al Dios de Jacob, por guiarme, reconfortarme y ayudarme en el camino recorrido para la realización de esta investigación.
- A los docentes de la Unidad de Posgrado de Informática de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por su excelente formación académica brindada.
- Al M.Sc. Remo Choquejahua Acero, por su asesoría y toda la orientación en la investigación que cristaliza este logro, en el espectro de la vida.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 1.1 Contexto y marco teórico | 2 |
| 1.2 Diferencia entre Ruido y Sonido | 3 |
| 1.3 Antecedentes | 37 |
| CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 2.1 Identificación del problema | 41 |
| 2.2 Definición del problema | 42 |
| 2.3 Intención de la investigación | 42 |
| 2.4 Justificación | 42 |
| 2.5 Objetivos | 42 |

2.6 Hipótesis de estudio..... 43

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Lugar de estudio 44

3.2 Población y Muestra..... 45

3.3 Metodología del objetivo específico 45

3.4 Variables de estudio 46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Planeación de la investigación 55

4.2 Elección de la variable de respuesta..... 55

4.3 Determinación de factores..... 55

4.4 Elección del diseño experimental..... 55

4.5 Análisis de datos..... 56

CONCLUSIONES..... 70

RECOMENDACIONES..... 70

BIBLIOGRAFÍA 71

ANEXOS 75

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| 1. Escala de ruido..... | 6 |
| 2. Ejemplos de valores sonoros y sus efectos en el organismo. | 9 |
| 3. Tipo de zona, horario y nivel de ruido permitido..... | 13 |
| 4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido por cada Zona de Aplicación | 16 |
| 5. Arreglo de datos para el diseño bloque completo aleatorizado..... | 26 |
| 6. Análisis de varianza para un experimento con un diseño bloque completo aleatorizado | 28 |
| 7. ANVA para un DBCA con fórmulas abreviadas | 29 |
| 8. Cuadro de Medios Esperados..... | 30 |
| 9. Operacionalización de variables..... | 46 |
| 10. Los resultados consolidados de la medición se presentan a continuación..... | 56 |
| 11. Medidas descriptivas de la contaminación sonora para las horas..... | 57 |
| 12. Medidas descriptivas de la contaminación sonora para los días..... | 57 |
| 13. Modelo lineal y la tabla del análisis de la varianza | 60 |
| 14. Prueba estadística..... | 61 |
| 15. Test de normalidad de Shapiro | 62 |
| 16. Prueba de Durwin-Watson..... | 64 |
| 17. Prueba de Tukey | 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| 1. Clasificación de ruido urbano | 12 |
| 2. Equipo utilizado - SONOMETRO de marca 3M, tipo 1 modelo Soundpro SE/DL . 15 | |
| 3. Distribución aleatoria de tratamientos a los bloques..... | 23 |
| 4. Región de aceptación | 32 |
| 5. Ubicación de la Biblioteca de Ingeniería y Ciencias Puras de la UANCV | 44 |
| 6. Diagrama de cajas para el grado de contaminación sonora por días y horas | 58 |
| 7. Diagrama comparativo frente al máximo permitido | 60 |
| 8. Histograma y Probabilidad normal de contaminación sonora | 62 |
| 9. Grafica de residuales contra valores estimado | 63 |
| 10. Comparación entre horas | 67 |
| 11. Lugar de trabajo – biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras UANCV | 67 |
| 12. Lugar de trabajo – Toma de datos | 67 |
| 13. Lugar de trabajo – Entrada biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras UANCV | 67 |
| 14. Lugar de trabajo – Frontis de biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras UANCV | 67 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pag. |
|--|-------------|
| 1. SCRIPT en R | 76 |
| 2. Evidencia fotográfica..... | 78 |
| 3. Lista de contaminación sonora | 80 |



RESUMEN

Es muy importante desde diversos aspectos prestar servicio con estándares de calidad en las bibliotecas, como la contaminación sonora no permite a los alumnos mejorar la captura de información, por esta razón la pregunta de investigación fue: ¿En qué medida se da la contaminación sonora en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV. Como objetivo se plantea: analizar la contaminación sonora en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV. Juliaca. Para cumplir con el mismo se ha diseñado un diseño de bloques utilizando días y horas como factores. La metodología planteada se enmarca dentro de un diseño no experimental por falta de distribución aleatorización del experimento. El instrumento utilizado para la recolección de información fue la Lista de contaminación sonora por medio de un sonómetro entre los días: lunes, martes, miércoles, jueves y viernes a intervalos de ½ hora de 9:00 a 12:00 hrs. Los resultados obtenidos fueron: Los niveles de ruido en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca están bajo los valores permitidos excepto a las 9:30 hrs que sobrepasa en 0.03 decibeles. La inclusión del diseño de bloques fue efectivo indicando que existe diferencia estadística significativa ($p(0.005676) < \alpha(0.05)$) en la contaminación sonora entre los días, mostrando las 9-30 horas más contaminación sonora que 10:30 y 11:00 hrs, asimismo, la 12:00 es significativamente diferente a 10:30. Existen diferencias significativas en el grado de contaminación sonora en los diferentes días, existiendo los días miércoles más contaminación sonora que los días viernes y jueves, comportándose los demás días con igual contaminación sonora.

Palabras claves: Contaminación sonora, DBCA, prueba de Tukey, prueba de Durwin-Watson, prueba estadística de Shapiro-Wilks y varianzas de Bartlett.

ABSTRACT

It is very important from various aspects to provide service with quality standards in libraries, as noise pollution does not allow students to improve the capture of information, for this reason the research question was: To what extent is the Sound pollution in the Library of the Faculty of Engineering and Pure Sciences of UANCV. The objective is to: analyze sound pollution in the Library of the Faculty of Engineering and Pure Sciences of UANCV. Juliaca⁷. In order to comply with it, a block design has been designed using days and hours as factors. The proposed methodology is framed within a non-experimental design due to the lack of randomized distribution of the experiment. The instrument used for the collection of information was the List of sound pollution by means of a sound level meter between the days: Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday and Friday at intervals of ½ hour from 9:00 a.m. to 12:00 h. The results obtained were: The noise levels in the library of the Faculty of Engineering and Pure Sciences of the Andina Néstor Cáceres Velásquez University of the city of Juliaca are under the allowed values except at 9:30 hrs, which exceeds 0.03 decibels. The inclusion of the block design was effective indicating that there is a significant statistical difference ($p(0.005676) < \alpha(0.05)$) in noise pollution between days, showing 9-30 hours more noise pollution than 10:30 and 11:00 hrs, likewise, 12:00 is significantly different from 10:30. There are significant differences in the degree of noise pollution in the different days, there being more noise pollution on Wednesdays than on Friday and Thursday, the other days behaving with equal sound pollution.

Keywords: Bartlett variances, DBCA, Durwin-Watson test, Shapiro-Wilks statistical test, Sound pollution and Tukey test.

INTRODUCCIÓN

El ruido por encima de los decibeles deseados es un sonido no deseado por las personas, estas ondas se originan por la vibración de algún objeto u otro medio, crea una sucesión de ondas de compresión o expansión que alteran el clima tranquilo y saludable que debe existir en toda biblioteca, el mismo que es visitado por estudiantes, docentes y otras personas en busca justamente de tranquilidad y silencio para poder concentrarse y estudiar, entonces, mantener el silencio en una biblioteca ha sido un problema frecuente. Al visitar la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras, se percibió que se genera diferentes niveles de ruido, debido muchas actividades diarias como: conversación, juego en grupo o individual. La OMS señala que el ruido no debe exceder los 50 decibeles, sin embargo, el ruido se ha convertido en una enorme distracción para los estudiantes que recurren a realizar actividades de aprendizaje, lectura u otra actividad que requiere concentración. Esto genera una investigación cuantitativa con el propósito de establecer los niveles de riesgo y diferencias entre días y horas el ruido en la biblioteca y el instrumento utilizado para la recolección de datos es el sonómetro.

En el capítulo I, se presenta la revisión de literatura que sustenta la investigación, en el capítulo II, se presenta el planteamiento del problema que dio inicio a la investigación identificando justamente el problema, los enunciados, la justificación, los objetivos y las hipótesis. El capítulo III presenta los materiales y métodos utilizados para la investigación, resaltando el lugar de estudio, la determinación de la población y la muestra y el método de investigación usado. Finalmente, se presenta los resultados y discusión en el Capítulo IV.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Contexto y marco teórico

Según Escuela Colombiana de Ingeniería (2007) el ruido se puede definir como un sonido no deseado. Las ondas sonoras se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión o expansión a través del medio que las soporta (aire, agua y otros).

La ecuación fundamental de propagación de ondas en la atmosfera es:

$$C = f\lambda$$

Donde:

C = Velocidad del sonido

F = frecuencia (Hz)

λ = longitud de onda

Por tanto, la velocidad del sonido:

En el aire (a 20°C) es de 340 m/s

En el agua es 1.6 m/s

En la madera es 3.9 m/s

En el acero es 5.1 m/s

Al aumentar la longitud de onda la frecuencia disminuye. La intensidad del sonido se mide con un Sonómetro. La unidad de intensidad del sonido es el Decibel (dB). Al crecer la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido en la escala de decibeles. El sonido se puede definir en términos de las frecuencias que determinan su tono y calidad, junto con las amplitudes que determinan su intensidad.

Tono: Los términos tono o altura se refieren a una cualidad de la sensación sonora que nos permite distinguir entre un sonido grave o bajo, de otro agudo o alto. El tono se eleva al aumentar la frecuencia.

Intensidad: se define como la cantidad de energía (potencia sonora) que atraviesa por segundo una superficie que contiene un sonido. Está relacionado con la amplitud de la onda sonora y con la cantidad de energía transportada. Desde un punto de vista subjetivo nos dice si el sonido es "fuerte ó débil", esto se denomina Sonoridad.

1.2 Diferencia entre Ruido y Sonido

El Sonido es la vibración mecánica de las moléculas de un gas, de un líquido, o de un sólido (aire, agua, paredes, etc.) que se propaga en forma de ondas, y que es percibido por el oído humano; mientras que el Ruido es todo sonido no deseado, que produce daños fisiológicos y/o psicológicos.

Barrigon *et al* (2014) indica que, nuestra sociedad se encuentra inmersa en una constante evolución sustentada, fundamentalmente, en los grandes avances científicos. Estos han llevado aparejados importantes desarrollos; no solo técnicos, sino también económicos y sociales. Como consecuencia de esto ello, se ha producido un incremento importante de la población, la actividad industrial, el intercambio de bienes, los desplazamientos humanos, etc. fruto de estos desarrollos nuestra calidad de vida ha mejorado en diferentes aspectos y se ha degradado en otros. Entre estos últimos, creemos sociedad que existe una gran unanimidad en considerar a la calidad sonora como uno de los aspectos claramente deteriorado en nuestro entorno.

OMS (1999) Si tenemos en cuenta datos objetivos, en la Unión Europea, solo considerando el ruido debido al tránsito en carreteras, un 40% de la población se encuentra expuesta a niveles que exceden los 55 dBA en horario diurno y un 20% a niveles superando los 65 dBA. Los valores a partir de nivel equivalente de 55 dBA, calculado sobre dieciséis horas en horario diurno, se han de considerar efectos negativos

importantes sobre las personas. Además, según datos subjetivos, en la Unión Europea un 25% de la población dice sufrir molestias a causa del ruido.

COITT (2008) indica que la contaminación del aire y las aguas, las basuras, la sociedad en general ocuparon históricamente un primer plano en la preocupación ciudadana, pero, actualmente observamos que los ciudadanos están cada día más sensibilizados por el ruido ambiental. El ruido está considerado un factor negativo para la calidad de vida, y ya se habla de “contaminación acústica”. Se multiplican los estudios para su conocimiento y delimitación y se realiza un esfuerzo a nivel de legislación para combatirlo. Desde las Asociaciones de Ciudadanos y expertos en el tema, se denuncia el estado de “dejación” general sobre la problemática del ruido, la falta de atención que este problema ha tenido, tanto por parte del sector político como de los medios de comunicación. No se ha cuidado la calidad de las edificaciones para garantizar un adecuado asilamiento y las infraestructuras no han sido acompañadas de medidas para reducir el impacto acústico.

España es el segundo país más ruidoso del mundo, después de Japón, 9 millones de españoles están sometidos a un nivel superior a los 65 dB (A), y según la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales-FREMAP, en España existen 4 millones de personas que trabajan en entornos con los niveles de ruido superiores a los 85 decibelios.

El ruido provocado por el tráfico y el provocado por las obras del vecindario son los que más molestan a los españoles. Así lo han manifestado un 43% y un 45%, respectivamente, de las personas que han participado en una encuesta realizada por GAES - Centro Auditivos, con motivo del Día Mundial Contra el Ruido. En esta encuesta, un 48% de los entrevistados califica su ciudad como muy ruidosa y un 37% como bastante ruidosa. Desde el punto de vista medioambiental el ruido más importante es el tráfico, sin embargo, no es el que genera más denuncias.

Según Garcia & Garrido (2003) El ruido que se percibía como un acompañante socialmente necesario, ha pasado a ser algo molesto y un factor grave de contaminación. “El ruido no solo nos molesta, nos desequilibra, nos desasosiega, sino que, además se ha revelado como muy perjudicial para la salud humana y la calidad de vida”. Y continúan: “La lucha contra la contaminación acústica se ha considerar, pues, como un reto necesario y prioritario.

Sepulveda (1999) describe. El ruido es todo aquel sonido que puede interferir con el ser humano en su armonía psicosomática y en su vida de relaciones, produciendo contaminación acústica. Éste es un problema muy común, al que la mayor parte de las personas no le da importancia, salvo en casos extremos. El daño que cause depende de la frecuencia de la onda, de su periodicidad, y también de las características de las personas. El ruido es provocado, la mayor parte del tiempo, por los seres humanos, pero también puede provenir de procesos industriales o naturales. Este contaminante no deja residuos. Produce un efecto acumulativo en el ser humano cuando éste es sometido constantemente a un alto nivel de sonidos molestos. Es un hecho conocido que la gente de la ciudad escucha menos que la gente del campo. El ruido puede ser causante de sordera y ésta una de las enfermedades laborales más comunes, debido a procesos industriales o de otra naturaleza que generan cantidades importantes y constantes de sonidos molestos. La pérdida de la audición puede ser gradual; al comienzo las personas afectadas no la perciben. La contaminación por ruido produce trastornos nerviosos como ansiedad, irritabilidad, desórdenes digestivos y vasculares, insomnio y favorece el desarrollo del estrés. En la infancia afecta la capacidad de aprendizaje. El ruido altera la concentración, la productividad laboral y el descanso. A partir de los 40 decibeles el ruido puede causar interferencia en el sueño.

Tabla 1 *Escala de ruido*

| Fuentes sonoras | Nivel de ruidos (decibeles) | Efectos |
|--|--------------------------------|--|
| Detonaciones (minas) | 130 | Umbral del dolor |
| Avión a reacción al despegar (a 25m) | 120 | |
| Orquesta de música pesada (rock) | 110 | Riesgo de lesión rápida e irreversible del oído |
| Picadora neumática (a 1 m) | 100 | Grave peligro de daño auditivo debido a exposición constante de ocho horas diarias |
| Motos sin silenciador en plena aceleración | 100 | |
| Camión grande (a 7 m) | 90 | |
| Esquina de bandera con Alameda (Santiago) | 80 | |
| Restoran ruidoso | 70 | |
| Ruido de fondo de una zona tranquila | 50 | |
| Sala de estar tranquila | 40 | De aquí hacia arriba, comienzo de la inferencia con el sueño |
| Desierto | 20 | |
| Plaza insonorizada | 10 | Apenas audible |
| | 0 | Silencio. |
| | | Umbral de la audición |

Fuente: Hoffman (2011)

a) El Sonido como Fenómeno Físico (Gonzales, 2011)

El sonido es una vibración en un medio material que se propaga en forma de ondas de presión y que es capaz de generar sensación auditiva en el oído humano. Cuando el

medio de propagación es el aire se trata de perturbaciones en torno a la presión atmosférica, que es la presión de equilibrio del medio. Las ondas transportan energía sin que ocurra desplazamiento del medio material en su conjunto. En el caso de las ondas sonoras, la energía que transportan está relacionada con la intensidad del sonido y ésta, con la presión sonora al cuadrado, como se comenta más adelante. Por otra parte, el hecho de generar sensación auditiva en el oído humano implica que sus atributos fundamentales, la amplitud y la frecuencia, estén simultáneamente dentro de lo que se designa como “rango audible”. Las ondas en general se caracterizan a través de dos atributos: su frecuencia y su intensidad.

b) Composición espectral

Toda onda puede entenderse o analizarse como superposición de un conjunto de ondas más simples. En el caso del sonido, el tratamiento que conduce a determinar el contenido energético de la señal en diferentes frecuencias se designa como análisis espectral. Usualmente se emplea un conjunto de intervalos (o bandas) de frecuencias de amplitud variable, que suelen ser bandas de octava o de tercios de octava. Se denomina banda de octava al intervalo de frecuencias que queda definido por una relación tal que la frecuencia extrema superior es el doble de la inferior: $f_2 = 2f_1$

Se denomina banda de tercio de octava a aquella en que sus frecuencias extremas están relacionadas de la siguiente forma: $f_2 = 2^{1/3}f_1$

En ambos casos, la frecuencia central f_c viene dada por la media geométrica de las frecuencias extremas de la banda considerada:

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2} = \sqrt{f_1 \times 2f_1} = f_1 \sqrt{2} = f_1 \sqrt{2}$$

c) Medición del sonido

Martínez y Peters (2015) definen los siguientes criterios:

El decibelio (dB)

Cuando se habla de ruido en términos técnicos, se habla de presión sonora. La presión sonora se suele medir en decibelios (dB). El decibelio es un valor relativo y logarítmico, que expresa la relación del valor medido respecto a un valor de referencia. Logarítmico significa que no medimos en una escala lineal, sino exponencial. El valor de referencia

es el límite de perceptibilidad del oído humano, una presión sonora de 20 uPa. Por lo cual, 0 dB significa una presión sonora que está al borde de la perceptibilidad.

Dado la propiedad logarítmica de la escala de dB, tenemos que calcular en potencias. Un incremento de 6 dB equivale a una duplicación de la presión sonora. 60 dB significa doblar 10 veces y por lo tanto una presión 1.024 veces superior a la de 0 dB, y 66 dB ya son 2.048 veces más.

No obstante, la percepción subjetiva del oído humano es diferente, y percibimos como el doble de volumen un aumento de la presión sonora de aproximadamente 10 dB (= un poco más que el triple). Por ejemplo, un aumento de la presión sonora de 60 dB significaría un volumen percibido 64 veces superior, es decir, la presión sonora incrementa 1024 veces, pero lo percibimos como un aumento de 64x. Es importante conocer esta diferencia porque la presión sonora real es a la que está expuesta el oído y que provoca posibles daños directos, mientras el volumen subjetivo es el que molesta y que causa malestar y estrés.

El valor dBA

La percepción del volumen depende no solo de la presión sonora, sino también del tipo de sonido. Un sonido agudo, por ejemplo, se percibe más alto que uno sordo, aunque tuvieran la misma presión sonora. Para tener en cuenta esta característica del oído se suele aplicar un factor de ponderación a las diferentes frecuencias a través de un filtro cuando se hacen mediciones de sonido. El más común es el llamado filtro "A", que representa de una manera simplificada la distinta sensibilidad del oído para diferentes frecuencias. Valores medidos con este filtro llevan la unidad dB(A) o dBA, en contra del dB o dBSPL (SPL = Sound Pressure Level, nivel de presión sonora). En la figura 2 se observa que frecuencias bajas (sonidos graves) cuentan 5-20 dB menos (o 1,5-4 veces menos) por ser percibidos menos altos por el oído humano. En consecuencia, por la aplicación del filtro los valores medidos en dBA y dBSPL pueden variar fundamentalmente. Por ejemplo, si imaginamos el ruido de un autobús y el de una moto que llegan a nuestra casa con la misma presión sonora y medimos la presión sonora en dBSPL, causarían el mismo impacto, mientras que aplicando el filtro A, el sonido del autobús sería evaluado como más bajo por ser de frecuencia menor y menos molesto.

Tabla 2 *Ejemplos de valores sonoros y sus efectos en el organismo.*

| presión sonora | Ambientes o actividades | Sensación / efectos en el oído |
|-----------------------|-----------------------------------|--|
| | Exposición | |
| 140-160 dB | petardo a 1 m | Daños permanentes inmediatos del oído, rotura tímpano |
| | Avión de despegue a 10 m, | |
| 130 dB | disparo de arma de fuego | |
| | Motor de avión en marcha, | Umbral del dolor |
| 120 dB | martillo mecánico pilón (1 m) | daños permanentes del oído a exposición de corta duración |
| | concierto de rock, | |
| 110 dB | motocicleta a escape libre a 1 m | |
| | sierra circular a 1 m, discoteca, | sensación insoportable y necesidad de salir del ambiente |
| 100 dB | sirena de ambulancia a 10 m | |
| | calle principal a 10 m | |
| 90 dB | taller mecánico | sensación molesta de daños al oído a exposición a largo tiempo |
| | bar animado | |
| 80 dB | calle ruidosa a 10 m | |
| | coche normal a 10 m, aspirador a | |
| 70 dB | 1 m, conversación en voz alta | ruido de fondo incómodo para conversas |
| | conversación animada, televisión | |
| 60 dB | a volumen normal a 1 m | |
| | oficina, conversación normal, | |
| 50 dB | a 1m de distancia | |
| | Biblioteca | ruido de fondo agradable para la vida social |
| 40 dB | conversación susurrada | |
| | frigorífico silencioso, | |
| 30 dB | Dormitorio | |
| | habitación muy silenciosa, rumor | |
| 20 dB | suave de las hojas de un árbol | nivel de fondo necesario para descansar |
| 10 dB | respiración tranquila | |
| 0 dB | umbral de audición | Silencio |

Fuente: OMS (1999)

Principales fuentes de ruido Gonzales (2011)

a) Ruido comunitario

Incluye una diversidad de fuentes que suelen aportar al ruido ambiente y a configurar las características del “paisaje sonoro” de un cierto lugar. Entre otras, se incluyen:

- Ambientes educativos. En especial en los horarios de entrada, salida y recreos.
- Comunicación. Voces, señales sonoras, propaganda sonora, etc.
- Vecindario. Ruidos provenientes de viviendas y de la vía pública. Música, reuniones, cortadoras de césped, uso de herramientas ruidosas, voces de animales domésticos, etc.
- Recreación (ruido de ocio). Locales bailables, de esparcimiento, de comidas, parques de diversión, circos, etc. También se incluye al ruido generado en la vía pública en su zona de influencia, debido al movimiento de personas que provoca.
- Ruido en interiores. Aparatos de uso doméstico como licuadoras, batidoras, procesadoras, secadores de pelo, aspiradoras, etc. Recolección de basura. Aunque existen diferentes modalidades de recolección, por lo general los camiones están equipados con compactadoras, dispositivos de izaje, etc., cuya operación contribuye a elevar los niveles sonoros ambientales en general más aún que el propio pasaje del vehículo.
- Construcción y obras públicas. Todos los ruidos asociados a obras de construcción, demoliciones, roturas de pavimento, etc.

Otros servicios: ferias vecinales, podas, barrido de calles, etc.

b) Ruido Industrial

En general se distingue al ruido industrial del ruido comunitario ya que implica la existencia de una población (menos numerosa) expuesta a niveles sonoros en el lugar de trabajo y en la que pueden ocurrir efectos particulares. El ruido industrial que se trasmite al exterior de los establecimientos suele ser un ruido bastante estable y generalmente con preponderancia de bajas frecuencias. La incidencia de los establecimientos industriales en el entorno, en lo que hace a niveles sonoros, suele

analizarse aplicando la metodología de la Norma ISO 9613-2:1996 (ISO, 1996), que es la que recomienda la Unión Europea en la Directiva 2002/49/CE

c) Ruido de tráfico

Las características especiales que tiene el tráfico como parte del estilo de vida de las sociedades especialmente a partir de la segunda mitad del Siglo XX conducen a que se suele abordar para su estudio por separado del ruido comunitario. Por lo general la normativa no considera su aporte a la hora de fijar valores límites en interiores y exteriores: el control de los niveles sonoros asociados con el ruido de tráfico suele centrarse en el control de las emisiones de cada vehículo individual, el que debe realizarse a través de procedimientos estandarizados y satisfacer requerimientos normativos preestablecidos, que por lo general se refieren a niveles de presión sonora máximos admisibles para cada vehículo considerado en forma individual y en función del tipo de vehículo de que se trate. Es casi imposible caracterizar el ruido de los vehículos individuales en todas las condiciones particulares de conducción, por lo cual se suelen emplear dos tipos de ensayos normalizados que ponen en juego los mecanismos básicos de generación de ruido. Uno de ellos es un ensayo estático, que se realiza con el vehículo detenido (método de ISO 5130:2007) y otro dinámico (método de la ISO 362:2007, más complejo y que requiere de una infraestructura más sofisticada como una pista de ensayo con ciertas características y especialmente acondicionada). Las verificaciones rápidas utilizan el método estático. El mismo consiste en medir el ruido del escape y del motor con el vehículo detenido, en condiciones especificadas de potencia, con el sonómetro a 45° del eje del escape y a 50 cm de la salida de gases, a cielo abierto y sin obstáculos a 2 m del vehículo. Esta determinación se puede hacer incluso en la vía pública.

d) Ruido de tráfico aéreo

Aunque no deja de ser “ruido de tráfico” en un sentido amplio, sus peculiaridades conducen a que se lo considere por separado del ruido de tráfico rodado. El llamado “ruido de tráfico aéreo” no sólo incluye el ruido del sobrevuelo de aeronaves sino muy especialmente el ruido asociado con aeropuertos.

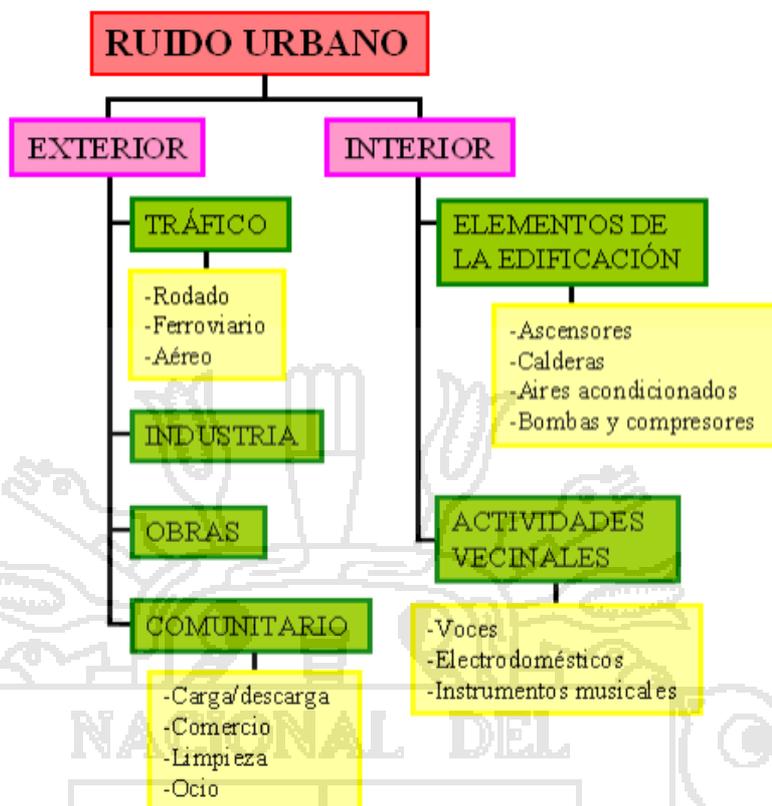


Figura 1. Clasificación de ruido urbano

Normativa de ruido. Sepulveda (1999). La norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas (industrias y locales comerciales), fue la primera regulación surgida con los nuevos procedimientos establecidos en la Ley N°19.300 de Bases del Medio Ambiente. Rige desde julio de 1998 y como Decreto Supremo N° 146 incorporando las áreas rurales a esta regulación. Se mejoró la clasificación de los ruidos y se hará un número mayor y más exacto de mediciones y también de muestras tomadas en las fuentes.

Las fuentes fijas sólo generan un 16% del total de ruidos que afectan a la ciudad. El resto es originado por fuentes móviles, es decir, microbuses, autos, camiones, aviones y trenes. Y hasta ahora no hay norma para ellos

Tabla 3 *Tipo de zona, horario y nivel de ruido permitido*

| Tipo de zona | | Horario | Máximo permitido |
|----------------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Zona exclusiva | residencial | 7 A 21 horas | 55 decibeles A |
| | | 21 a 7 horas | 45 decibeles A |
| Zona mixta con industria molesta | | 7 a 21 horas | 70 decibeles A |
| | | 21 a 7 horas | 60 decibeles A |

Fuente: Norma de Ruido para fuentes fijas (CONAMA)

e) Niveles de ruido

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que el límite de sonido saludable está por debajo de los 85 decibelios durante un máximo de ocho horas al día, sin embargo, esto varía según el país. Según la regulación europea, no se pueden superar los 55 decibelios de día y los 45 decibelios de noche y un valor por encima de los 120 decibelios puede llegar a causar dolor, un nivel que rozan las sirenas de las ambulancias

Sánchez (2016) indica que, sin embargo, esto varía según el país. Según la regulación europea, no se pueden superar los 55 decibelios de día y los 45 decibelios de noche y un valor por encima de los 120 decibelios puede llegar a causar dolor, un nivel que rozan las sirenas de las ambulancias.

El ruido se debe a múltiples causas tales como: a los componentes electrónicos (amplificadores), al ruido térmico de las resistencias, a las interfaces de señales externas, etc. Es imposible eliminar totalmente el ruido, ya que los componentes electrónicos no son perfectos. Sin embargo, es posible limitar su valor de manera que la calidad de la comunicación resulte aceptable.

En el ámbito de la comunicación sonora, se define como ruido a todo sonido no deseado que interfiere en la comunicación entre las personas o en sus actividades.

f) Instrumento de medición acústica (Ramos,2015)

Sonómetro. El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora (de los que depende). En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el

sonómetro es el decibelio. Si no se usan curvas (sonómetro integrador), se entiende que son dB_{SPL} .

Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica (ruido molesto de un determinado paisaje sonoro) hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental (continuo, impulsivo, etc.) se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes. En los sonómetros la medición puede ser manual, o bien, estar programada de antemano. En cuanto al tiempo entre las tomas de nivel cuando el sonómetro está programado, depende del propio modelo. Algunos sonómetros permiten un almacenamiento automático que va desde un segundo, o menos, hasta las 24 horas. Además, hay sonómetros que permiten programar el inicio y el final de las mediciones con antelación. La norma CEI 60651 y la norma CEI 60804, emitidas por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), establecen las normas que han de seguir los fabricantes de sonómetros. Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado. La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), por lo que las normas aducidas también se conocen con esta nomenclatura: IEC 60651 (1979) y la IEC 60804 (1985). A partir del año 2003, la norma IEC 61.672 unifica ambas normas en una sola.

Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.

Sonómetro de clase 1: permite el trabajo de campo con precisión.

Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.

Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos.

La norma IEC 61.672 elimina las clases 0 y 3, restando exclusivamente las clases 1 y 2.

Sea del tipo que sea, básicamente, el sonómetro siempre está formado por:

Un micrófono con una respuesta en frecuencia similar a la de las audiofrecuencias, generalmente, entre 8 Hz y 22 kHz.

Un circuito que procesa electrónicamente la señal.

Una unidad de lectura (vúmetro, led, pantalla digital, etc.).

Muchos sonómetros cuentan con una salida (un conector jack, por lo general, situado en el lateral), que permite conectarlo con un osciloscopio, con lo que la medición de la presión sonora se complementa con la visualización de la forma de la onda.

Equipo electrónico que mide los sonidos, se mide en decibeles y las normas varían de acuerdo a cada país.

En esta investigación para la medición el sonómetro de marca SoundPro



Figura 2. Equipo utilizado - SONOMETRO de marca 3M,
tipo 1 modelo Soundpro SE/DL

Según <http://www.pce-iberica.es/manual> SoundPro. La serie de sonómetros SoundPro ES/DL de Quest Technologies es de instrumentos avanzados con características sumamente adaptables. Que tiene las características y funciones de todos los modelos de la serie.

Resolución de Frecuencias de los sonidos que escuchamos raramente son tonos puros en una sola frecuencia. Generalmente son compuestos de frecuencias de amplitud variable. Algunos sonidos, tales como los de un silbato o corneta, tienen frecuencias concentradas en regiones relativamente angostas del espectro acústico que van de 20Hz a 20,000Hz. Otros sonidos, conocidos más bien como ruido, incluyen componentes de muchas regiones del espectro entero. Al analizar el sonido como ruido nos concierne el impacto total de la señal sonora. En otras palabras, usualmente nos satisface una medición de banda ancha de sonido ambiental. Cuando buscamos como aislar un sonido de otro, por ejemplo, el detectar la fuente de un sonido o medir cuantos sonidos en particular contribuyen al nivel general de ruido, podemos revisar las frecuencias que lo componen.

El Puerto USB en cada SoundPro SE/DL se proporciona un cable USB. Un extremo ajusta en el puerto mini B del instrumento. El otro tiene una conexión USB estándar a computadora. Esto permite transferir archivos, descarga de programación al instrumento y análisis de sesiones transferidas a la computadora, de archivos de datos, creados en el instrumento. EL puerto AC/DC Permite conectar un cable con clavija de 3.5mm estándar para obtener señales de salida AC y DC. No se proporciona este cable. La conexión de Alimentación Puede proporcionar alimentación DC por medio de esta conexión. Las baterías son sobrepasadas al conectar el instrumento, proporcionando de 8 a 16VDC (300ma mínimo) Existen dos opciones de alimentación: por convertidor de una fuente AC a DC, o, conectado a una batería de automóvil.

Normatividad para el control del ruido en Perú

Decreto supremo N°085-2003 – PMC. Al respecto indica.

Las municipalidades provinciales deberán utilizar los valores señalados en la tabla 2.

Tabla 4 *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido por cada Zona de Aplicación*

| Zona de aplicación | Valores expresados en LAEQT ⁴ | |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| | Horario diurno (07:01 A 22:00) | Horario nocturno (22:01 A 07:00) |
| Zona de protección especial | 50 dB | 40 dB |
| Zona residencial | 60 dB | 50 dB |
| Zona comercial | 70 dB | 60 dB |
| Zona industrial | 80 dB | 70 dB |

Fuente: Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.

Los pájaros urbanos dedican más tiempo a cantar para compensar el ruido

(Flores, 2011) Unas aves que han colonizado las regiones urbanas europeas, consiguen compensar los efectos negativos del ruido de las ciudades dedicando más tiempo a cantar. Esta es una de las conclusiones de un estudio en el que ha participado Investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y que ha sido publicado en la revista Behavioral Ecology.

Estas aves pueden emplear hasta el 60% del tiempo en cantar a niveles de 70 decibeles, pero a partir de ese nivel empiezan a cantar menos, probablemente porque dedican más tiempo al canto puede interferir en exceso con tareas tan importantes como estar atento a los depredadores o a otros verdicillo vecinos.

Explica el investigador del CSIC Mario Diaz, del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Según en estudio, el ajuste a los niveles de ruido indica que cantar conlleva riesgos. Incluso aves que han colonizado ambientes ruidosos, como los verdicillos pueden verse condicionados por el aumento del riesgo asociado a compensar los efectos del ruido cantando, añade Diaz. Estos resultados sugieren que podrían producirse cambios bruscos en la distribución de las aves al sobrepasar ciertos umbrales de ruido.

Por otra parte, los investigadores han observado que los individuos cambian rápidamente su comportamiento de función de la variación del nivel de ruido entre los días laborales y los fines de semana.

Respuesta a los cambios globales

La investigación se hace eco del creciente interés de la sociedad sobre la posible respuesta de los organismos a los cambios globales derivados de la influencia de los humanos en el funcionamiento del planeta. Casi todas predicciones son bastantes catastróficas, porque en general no contemplan la flexibilidad de los organismos a los cambios de su entorno. Nuestro trabajo muestra que las especies pueden compensar estas variaciones mediante comportamiento flexibles, pero solo hasta cierto punto, continua Díaz.

Saber hasta qué punto son efectivas las diferentes respuestas de los seres vivos a los niveles crecientes de ruido impuesto por las actividades humanas permitirá, según esta investigación realizar predicciones más fiables sobre futuros cambios en las distribuciones de los organismos. Además, opinan los investigadores, los datos sobre las capacidades de adaptación al ruido facilitara la prevención de los cambios de comportamiento las especies mediante el manejo del ruido ambiental.

En este año la Organización Mundial de la salud (OMS) creo un grupo de trabajo para estudiar los criterios de salud aplicables al ruido, publicando sus conclusiones en el año

1983 (OMS, 1999). En España, los orígenes podemos localizarlos en el Congreso Nacional sobre ruido, celebrado en Zaragoza en el año 1987. En este se concluyó: “el ruido es un factor fundamental de contaminación ambiental que lesiona seriamente la salud de los ciudadanos y perturba el derecho a la intimidad personal y familiar”.

Esta preocupación no ha decrecido con el paso del tiempo, sino que, muy al contrario, existe un creciente movimiento internacional tendente a estudiar diferentes aspectos relacionados con el ruido urbano, entre los que podemos citar, los relativos a los efectos adversos del ruido sobre la salud, la obtención de índices y valores asociados a tales índices que impliquen la ausencia de estos efectos adversos, la consecución de normalización en los métodos de medida, etc.

Fruto de esta preocupación que acabamos de citar surgen dos comunicaciones o informes de gran relevancia por su profundidad, por estar originados en entidades de gran importancia mundial y, en el caso del segundo de los que citaremos, por las incidencias que terminan en la legislación española en materia de contaminación acústica.

El primer documento al que hacemos referencia ha sido publicado por la OMS en el año 2000 (WHO, 1999).

El segundo documento proviene de la Comisión de las Comunidades Europeas y es la Directiva sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (COM 2002/49/EC, 2002). Esta tiene como un objetivo fundamental “crear un marco común en la Unión Europea para la evaluación y gestión de la exposición al ruido ambiental”.

Dado en nuestro entorno familiar es el lugar donde más tiempo permanecemos a lo largo de nuestra vida, podemos considerarlo como un paradigma de aplicación de las normas del confort acústico. En este sentido, las estrategias de control del ruido en las edificaciones pasan necesariamente, y en primer lugar, por la valoración de los ambientes exteriores en lo que a su atmosfera acústica se refiere, debido a su influencia en el ruido interior de las viviendas. Para esta valoración se requiere, en general, del uso de índices globales de evaluación, normalmente complejos y que aplican ponderaciones en las distintas bandas de frecuencia, para adaptarlos a la respuesta humana a las ondas sonoras.

El ruido ambiental produce efectos diversos sobre los seres humanos (WHO, 1999). Dado que el hecho de que una persona experimente o no efectos depende en gran medida de su sensibilidad al ruido, toda política sobre el ruido ambiental debería estar basada en resultados científicos en los que se hayan tenido en cuenta las variaciones debidas a diferencias de sensibilidad.

El efecto más importante, desde el punto de vista del número de personas afectadas son las molestias que pueden determinarse a partir de encuestas estructuradas (Mendiola, 2015). Las molestias están íntimamente relacionadas con efectos puntuales tales como la necesidad de cerrar las ventanas para evitar que el sueño resulte alterado o que se produzcan interferencias que dificulten la comunicación u oír aparatos audiovisuales. Además, hay otros efectos médicos graves, como la hipertensión, estrés, ataques cardiacos, lesiones auditivas que afectan a un porcentaje menor de la población.

Es evidente que las personas que dicen sufrir molestias a causa del ruido experimentan una disminución en la calidad de vida, esto le ocurre al 25% de la población de la Unión europea. Entre un 5% y el 15% padecen perturbaciones graves del sueño por culpa del ruido. Además de estos aspectos no debemos olvidar las repercusiones económicas inducidas por el ruido ambiental. En la actualidad en la Unión Europea se estima que las pérdidas anuales oscilan entre 13.000 millones de euros y los 38.000 millones de euros COM(96).

Dentro del interés por el estudio urbano, nuestro grupo de investigadores lleva varios años realizando estudios de ruido urbano por toda la región. Hasta el inicio de estos estudios se carecía, por completo, de trabajos sobre acústica urbana en toda la Comunidad Extremeña. La mayor parte de los estudios se han centrado en estudios basados en medidas experimentales, pero también en simulación de los diferentes entornos sonoros.

Este trabajo se presenta el mapa del ruido de la ciudad de Badajoz, obteniendo a partir de la simulación, siguiendo la normativa y las recomendaciones establecidas por la legislación europea y nacional vigente y teniendo en consideración, como única fuente sonora, al tráfico rodado.

El presente trabajo recoge el resultado de labores realizados por el grupo de investigación 'Laboratorio de acústica', labores que presentan, frente a trabajos

anteriores, dos aspectos innovadores claramente diferenciados y que afectan a aspectos muy distintos a su ejecución

La utilización de los SIG en la evaluación del ruido urbano y de su impacto sobre la población.

Zalazar (2015) indica, De la consulta de distintos autores se observa que la contaminación provoca un daño ambiental que afecta variables como salud, productividad, salarios y producción, lo cual da como resultado una disminución en la calidad de vida de las personas que las impulsa a buscar mejores lugares en donde vivir.

Para buscar evidencia en el caso mexicano sobre la incidencia de la degradación ambiental sobre la migración, en el presente estudio se analizó el impacto de la contaminación como determinante en las tasas migratorias de las entidades federativas mexicanas hacia Estados Unidos. El procedimiento utilizado fue una estimación por mínimos cuadrados ordinarios con base en datos de las 32 entidades federativas, con información para el año 2000.

OSMAN (2016) el ruido ambiental es un sonido exterior no deseado y nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferociario y aéreo y por empalzamientos de actividades industriales... el ruido es por tanto un caso particular de sonido, una emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia. El ruido está integrado por dos componentes de igual importancia, una integrante puramente física (el sonido magnitud física perfectamente definida) y otra integrante de carácter subjetivo que es la sensación de molestia. En nivel de sonido se mide en decibelios (dB). Un pequeño incremento en decibelios representa un gran incremento de energía sonora. Técnicamente, un incremento de tan solo 3 dB representa multiplicar por dos la energía sonora y un incremento de 10 dB representa multiplicar por 10. El oído, sin embargo, percibe un incremento de 10 Db como el doble de ruido o sonoridad.

Diseño de Bloques Completo al Azar

El DBCA, método conocido también como Diseño de Bloques Completo al Azar, se usa para resolver problemas científicos de diversa índole, de las ramas de la ciencia.

Diseño en bloques completos aleatorizados con efectos fijos

Cochran (1990) indica que la palabra bloque se refiere al hecho de que se ha agrupado a las unidades experimentales en función de alguna variable extraña; aleatorizado se refiere al hecho de que los tratamientos se asignan aleatoriamente dentro de los bloques; *completo* implica que se utiliza cada tratamiento exactamente una vez dentro de cada bloque y el término *efectos fijos* se aplica a bloques y tratamientos, además, una caracterización de este diseño es que los efectos bloque y tratamiento son aditivos; es decir no hay interacción entre los bloques y los tratamientos. Al diseño que controla una fuente de variación adicional a los tratamientos se le conoce como Diseño de Bloques al azar (DBCA), en el caso paramétrico y no paramétrico.

El termino bloque es usado más ampliamente para referirse a un grupo de unidades experimentales (UE) que tienen un conjunto de características que “provocan” un problema efectivo de respuesta, una vez que han sido aplicados los tratamientos.

En muchos problemas de investigación es necesario diseñar experimentos en los que pueda controlarse sistemáticamente la variabilidad producida por diferentes fuentes extrañas, ejemplo: en experimentos en terreno, en donde se sabe que parcelas adyacentes suelen presentar resultados más homogéneos entre sí que parcelas más separadas, o en experimentos en donde los datos se toman por días, y en donde se sabe que los resultados pueden diferir entre los distintos días. Estas fuentes de variación son controladas mediante la formación de bloques. La idea es agrupar a las observaciones en los distintos bloques de modo que sean lo más homogéneas dentro del bloque y heterogéneas entre bloques.

Castejon (2011) indica que los Objetivos y característica del diseño son: El objetivo y la característica del diseño es mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque tan pequeño como sea posible y maximizar las diferencias entre bloques. Si no hay diferencia entre los bloques, este diseño no contribuirá a la precisión para detectar las diferencias de tratamientos. Cada tratamiento es asignado el mismo número de veces a unidades experimentales dentro de un bloque, usualmente una vez (de veces más). Por regla general, es más eficiente tener una sola repetición de cada tratamiento por bloque. A fin de minimizar el error experimental, deben tomarse todas las precauciones para tratar las unidades experimentales dentro de un bloque lo más uniformemente posible. Los bloques pueden estar constituidos por áreas compactas de

un campo, grupos de animales que pueden manipularse de un modo uniforme, o diferentes tiempos de aplicación de tratamientos a unidades experimentales. Además, Cornell (201) indica que en los DBCA las UE a las que se aplican los tratamientos, son subdivididas en grupos homogéneos llamados bloques, de tal manera que el número de unidades experimentales dentro de un bloque es igual al número de tratamientos en estudio. Una vez caracterizados los bloques se asignan los tratamientos en forma aleatoria a las UE dentro de cada bloque. Es necesario hacer notar que, en este arreglo, cada uno de los tratamientos aparece en todos los bloques, y cada bloque recibe todos los tratamientos.

En muchos trabajos de tipo experimental, el DBCA es más ventajoso que el DCA, ya que como el objetivo de este DBCA es aislar y eliminar del término de error la variación atribuible a los bloques, con el fin de asegurar que las mediciones hechas sobre las UE que reciben un determinado tratamiento estén libres de los efectos del bloque. En este sentido, la eficacia del diseño depende de la capacidad de conseguir bloques homogéneos de unidades experimentales. Esta capacidad depende del conocimiento de los investigadores acerca del material experimental. Cuando el diseño se utiliza con eficacia, el CM_{error} en la tabla ANVA se reduce y mejora la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

Por su arte, Gutierrez Pulido (2004) indica que las VENTAJAS Y DESVENTAJAS son: Ventajas:

- El agrupamiento de las unidades experimentales en bloques, debido a la existencia real de esta fuente de variabilidad, aumenta la precisión del experimento con relación al DCA.
- Es flexible, no existe restricciones en cuanto al número de tratamientos o bloques
- Algunas complicaciones que podrían surgir en el transcurso de un experimento son fáciles de controlar.
- Análisis estadístico simple
- Si se pierden datos de un bloque completo, estos pueden omitirse son mayores complicaciones para el análisis. Si faltan datos de UE, estos pueden estimarse.

Desventajas:

- No es adecuado cuando se tiene un número grande de tratamientos. Cuando la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de bloques es grande, resulta un error experimental considerable.
- No es recomendable utilizar este diseño cuando se verifica que existe interacción entre los bloques y tratamientos.
- Si no existe una real diferencia entre los bloques, habrá una pérdida de precisión en el experimento con relación al DCA, debido a la disminución de los grados de libertad del error.

Montgomery (2004) presentan que el Croquis experimental es: Después de que las unidades experimentales han sido agrupadas en los bloques deseados, los tratamientos son asignados aleatoriamente dentro de cada bloque. Suponiendo que se tiene un experimento que incluye un factor con 5 niveles (denotados con las letras A, B, C, D y E), distribuidos en 4 bloques, y considerando que en cada bloque los niveles del factor fueron totalmente aleatorizados, el croquis de campo quedaría de la siguiente forma:

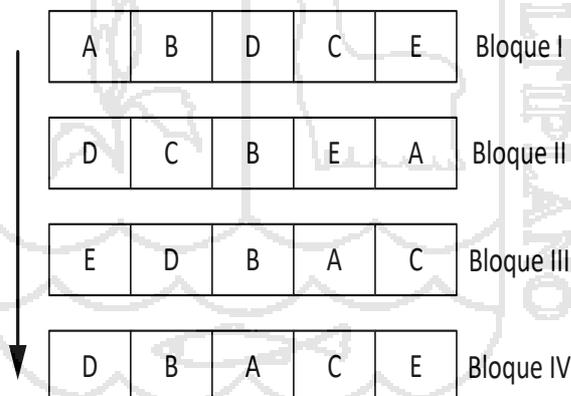


Figura 3. Distribución aleatoria de tratamientos a los bloques

Lawson (2014) presenta el Modelo estadístico y análisis del diseño

Modelo Aditivo Lineal

El modelo aditivo lineal para un experimento en un diseño de bloques aleatorizado requiere un término que represente la variación identificable en las observaciones como consecuencia de los bloques. La respuesta de la unidad con el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque se escribe como:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, b$$

donde:

y_{ij} : Es la variable de respuesta observada en el j -ésimo bloque que recibe el i -ésimo tratamiento.

μ : Es la media general de la variable respuesta.

τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento, el cual es constante para todas las observaciones dentro del i -ésimo tratamiento

β_j : Es el efecto debido del j -ésimo bloque.

e_{ij} : Es el error aleatorio atribuible a la medición y_{ij} , con $e_{ij} \sim DNI(0, \sigma^2)$. Es el efecto del error experimental en el i -ésimo tratamiento, j -ésimo bloque.

t : es el número de tratamientos

b : es el número de bloques

Supuestos del Modelo Estadístico

El modelo estadístico debe cumplir con los siguientes supuestos:

1. Aditividad: Los efectos del modelo son aditivos
2. Linealidad: Las relaciones entre los efectos del modelo son lineales
3. Normalidad: los errores del modelo deben tener una distribución normal con media cero y varianza σ^2 .
4. Independencia: Los resultados obtenidos en el experimento son independientes entre sí.

5. Homogeneidad de varianzas: Las diferentes poblaciones generadas por la aplicación de los diferentes tratamientos tienen varianzas iguales
6. No existe interacción entre los bloques y los tratamientos.

Estimación de los efectos:

Los efectos del modelo μ, τ_i y β_j , son estimados de modo que se minimice la siguiente expresión (por mínimos cuadrados)

$$Q = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^{r_i} \varepsilon_{ij}^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i}^{r_i} (y_{ij} - \mu - \tau_i - \beta_j)^2$$

Se supone que los efectos del tratamiento y del bloque son aditivos, Aditividad significa que no existe interacción entre tratamientos y bloques. La suposición de independencia se justifica a través de la asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales.

Teniendo en cuenta las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^t \tau_i = 0 \qquad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

La aplicación de este método da los siguientes resultados para la estimación de parámetros:

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \bar{Y}_{..} & (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}) &= \hat{\tau}_i \\ (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) &= \hat{\beta}_j & (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..}) &= \hat{\varepsilon}_{ij} \end{aligned}$$

Suma de cuadrados de las fuentes de variación

Sea el arreglo factorial

Tabla 5 Arreglo de datos para el diseño bloque completo aleatorizado

| Bloques | Tratamientos | | | | | | Total | Medias |
|---------|----------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | ... | I | ... | T | | |
| 1 | y_{11} | y_{21} | ... | y_{i1} | ... | y_{t1} | $y_{.1}$ | $\bar{y}_{.1}$ |
| 2 | y_{12} | y_{22} | ... | y_{i2} | ... | y_{t2} | $y_{.2}$ | $\bar{y}_{.2}$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| J | y_{1j} | y_{2j} | ... | y_{ij} | ... | y_{tj} | $y_{.j}$ | $\bar{y}_{.j}$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| B | y_{1b} | y_{2b} | ... | y_{ib} | ... | y_{tb} | $y_{.b}$ | $\bar{y}_{.b}$ |
| Total | $y_{.1}$ | $y_{.2}$ | ... | $y_{.i}$ | ... | $y_{.t}$ | $y_{..}$ | |
| Medias | $\bar{y}_{.1}$ | $\bar{y}_{.2}$ | ... | $\bar{y}_{.i}$ | ... | $\bar{y}_{.t}$ | $\bar{y}_{..}$ | |

En el modelo lineal, la desviación de cualquier observación de la gran media, $(y_{ij} - \bar{y}_{..})$, se puede escribir como la identidad algebraica siguiente:

$$y_{ij} - \bar{y}_{..} = (\bar{y}_{.i} - \bar{y}_{..}) + (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_{.i} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})$$

Donde, los términos en el lado derecho son:

Desviación de tratamiento: $(\bar{y}_{.i} - \bar{y}_{..}) = \hat{\tau}_i$.

Desviación de bloque: $(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) = \hat{\beta}_j$

Error experimental: $(y_{ij} - \bar{y}_{.i} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..}) = \hat{\epsilon}_{ij}$

Se puede escribir una nueva identidad algebraica para la desviación de las observaciones de la media del tratamiento:

$$y_{ij} - \bar{y}_{.i} = (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}) + (y_{ij} - \bar{y}_{.i} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})$$

Se hace una partición de la desviación del error experimental del diseño totalmente aleatorizado, $y_{ij} - \bar{y}_i$, en dos componentes:

El primer término se identifica con el criterio de bloques como $\bar{y}_j - \bar{y}_..$ el segundo término se identifica sólo como un residual o error experimental, $y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..$

Elevando al cuadrado ambos lados se tiene:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_..)^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b [(\bar{y}_i - \bar{y}_..) + (\bar{y}_j - \bar{y}_..) + (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..)]^2$$

Al desarrollar el miembro del lado derecho de la ecuación se obtiene

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_..)^2 &= b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_i - \bar{y}_..)^2 + t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_j - \bar{y}_..)^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..)^2 + \\ &2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_i - \bar{y}_..)(\bar{y}_j - \bar{y}_..) + 2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_j - \bar{y}_..)(y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..) + \\ &2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_i - \bar{y}_..)(y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..) \end{aligned}$$

Mediante un procedimiento algebraico simple, se prueba que los tres productos cruzados son cero. Por tanto, la partición de suma de cuadrados del total es:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_..)^2 = b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_i - \bar{y}_..)^2 + t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_j - \bar{y}_..)^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_..)^2$$

Que se puede expresar como,

$$SC_{total} = SC_{trat} + SC_{bloque} + SC_{error}$$

Tabla de análisis de varianza (ANVA)

Grados de libertad

$$GL_{trat} = t - 1$$

$$GL_{bloque} = b - 1$$

$$GL_{error} = (t - 1)(b - 1)$$

$$GL_{total} = N - 1$$

En el modelo la variabilidad total se descompone en tres fuentes de variación, la explicada por los tratamientos, la explicada por los bloques y la explicada por el error, por lo que el modelo de descomposición de la varianza será el siguiente:

$$\text{Variabilidad (total)} = \text{Var(trat)} + \text{Var(Bloques)} + \text{Var(error)}$$

En la Tabla 4. Resume la partición de la suma de cuadrados para diseño DBCA. Además, se tiene que:

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^b y_{ij} \qquad y_{.j} = \sum_{i=1}^t y_{ij}$$

$$\bar{y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^b y_{ij}}{b} \qquad \bar{y}_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^t y_{ij}}{t}$$

$$y_{..} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij} \qquad \bar{y}_{..} = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij}}{tb}$$

con $N = tb$

Tabla 6 *Análisis de varianza para un experimento con un diseño bloque completo aleatorizado*

| Fuente de variación <i>n</i> (F.V.) | Grados de Liber (G.L.) | Suma de cuadrados (S.C.) | Cuadrados medios (C.M.) | F- <i>Calc.</i> (Fc) |
|---|---------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| Bloques | $b - 1$ | $t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$ | $\frac{SC_{bloque}}{b - 1}$ | $\frac{CM_{bloque}}{CM_{error}}$ |
| Tratamientos | $t - 1$ | $b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$ | $\frac{SC_{trat}}{t - 1}$ | $\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$ |
| Error | $(t - 1)(b - 1)$ | $\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$ | $\frac{SC_{error}}{(t - 1)(b - 1)}$ | |
| Total | $tb - 1$ | $\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$ | | |

Fórmulas resumidas

Termino de corrección (TC):

$$TC = \frac{y_{..}^2}{tb}$$

La variabilidad total es cuantificada por la suma de cuadrados

$$SC_{total} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - TC$$

Suma de cuadrados de bloques:

$$SC_{bloque} = \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{t} - TC$$

Suma de cuadrados de tratamiento:

$$SC_{trat} = b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^t \frac{y_{i.}^2}{b} - TC$$

Suma de cuadrados del error experimental:

$$SC_{error} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{y_{i.}^2}{b} - \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{t} + TC$$

$$SC_{error} = SC_{total} - SC_{trat} - SC_{bloque}$$

Tabla 7 ANVA para un DBCA con fórmulas abreviadas

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc |
|-------------|------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Bloques | $b - 1$ | SC_{bloque} | $\frac{SC_{bloque}}{GL_{bloque}}$ | $\frac{CM_{bloques}}{CM_{error}}$ |
| Tratamiento | $t - 1$ | SC_{trat} | $\frac{SC_{trat}}{GL_{trat}}$ | $\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$ |
| Error | $(t - 1)(b - 1)$ | SC_{error} | $\frac{SC_{error}}{GL_{error}}$ | |
| Total | $tb - 1$ | SC_{total} | | |

Cuadrados Medios Esperados

La tabla siguiente muestra los valores esperados de los cuadrados medios para un experimento en DBCA en el caso de efectos fijos y aleatorios para los tratamientos y bloques.

Tabla 8 Cuadro de Medios Esperados

| Fuentes de variación | Grados de libertad (gl) | Valor esperado en los cuadrados medios | |
|----------------------|-------------------------|--|------------------------------|
| | | Modelo I | Modelo II |
| Tratamientos | $t-1$ | $\sigma^2 + b \sum_{i=1}^1 \frac{\tau^2}{t-1}$ | $\sigma^2 + b\sigma_\tau^2$ |
| Bloques | $b-1$ | $\sigma^2 + \tau \sum_{j=1}^1 \frac{\beta_j^2}{b-1}$ | $\sigma^2 + t\sigma_\beta^2$ |
| Error experimental | $(t-1)(b-1)$ | σ^2 | σ^2 |
| Total | $tb-1$ | | |

Prueba de hipótesis para el diseño. Contraste de hipótesis.

Kuehl (2008) el resumen de cómo debería mostrarse una prueba de hipótesis

1) Hipótesis estadística

La hipótesis de interés es la misma para todos los diseños comparativos, y está ves añadimos la hipótesis para evaluar el efecto de bloqueo, las cuales están dadas por:

Para el modelo I (efectos fijos).

Para tratamientos, en términos de medias

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j \quad \text{al menos una } i \neq j$$

En términos de efectos de los tratamientos: Nos interesa saber si los distintos tratamientos influyen en la variable respuesta.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$$

$H_a: \tau_i \neq \mu_j$ al menos una $i \neq j$

Es decir, contrastamos que no hay diferencia en las medias de los tratamientos frente a la alternativa de que al menos una media difiere de otra.

Pero, previamente hay que comprobar si la presencia del factor bloque está justificada. Para ello, realizamos el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_o: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b$$

$H_a: \beta_i \neq \beta_j$ al menos una $i \neq j$

Es decir, contrastamos que no hay diferencia en las medias de los diez bloques frente a la alternativa de que al menos una media difiere de otra.

Para el Modelo II (efectos aleatorios), se plantea en términos de varianzas.

$$H_o: \sigma_\tau^2 = 0$$

$$H_a: \sigma_\tau^2 > 0$$

En cualquiera de estas hipótesis la afirmación a probar es que la respuesta media poblacional lograda con cada tratamiento es la misma para los t tratamientos y los b bloques y que, por lo tanto, cada respuesta media μ_i es igual a la media global poblacional, μ .

2) **Nivel de significancia:** $\alpha = ?$

3) **Estadístico de prueba:**

El estadístico F_o es:

$$F_t = \frac{CM_{trat}}{CM_{error}} \sim F_{[(t-1), (t-1)(b-1)], \alpha}$$

También existe el interés, en comparar las medias de los bloques porque quizá sea necesaria la formación de bloques en experimentos futuros.

$$F_B = \frac{CM_{bloque}}{CM_{error}} \sim F_{[(b-1), (t-1)(b-1)], \alpha}$$

Sin embargo, recuerde que la aleatorización sólo se ha aplicado a los tratamientos dentro de los bloques; es decir, los bloques representan una restricción sobre la

aleatorización. Box, Hunter y Hunter (1978) señalan que la prueba F_c del análisis de varianza común puede justificarse exclusivamente con la aleatorización, sin el uso directo del supuesto de normalidad. Agregan que en la prueba para comparar bloques no puede recurrirse a dicha justificación debido a la restricción sobre la aleatorización; pero si los errores son normales e idénticamente distribuidos con media cero y varianza constante σ^2 , puede usarse el estadístico F_B para comparar las medias de los bloques.

4) Regla de decisión

La hipótesis nula H_0 se rechaza para una probabilidad de un error tipo I de α si:

Tratamientos:

$$F_t > F_{[(t-1)(b-1), \alpha]}^{(t-1)}$$

Bloques:

$$F_B > F_{[(t-1)(b-1), \alpha]}^{(b-1)}$$

En términos de la probabilidad asociada al estadístico de prueba, si:

$p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula H_0 .

donde:

p : Es el valor de probabilidad asociado al estadístico F .

α : Nivel de significancia

Gráficamente tenemos:

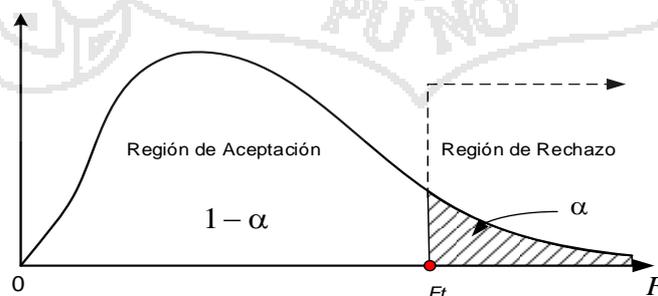


Figura 4. Región de aceptación

Kuehl R. (2008) indica que las Comparaciones múltiples en el DBCA son:

Se aplican las mismas pruebas del DCA. Los supuestos y característica son las mismas.

Cuando se rechaza la hipótesis de igualdad de los tratamientos, es natural preguntarse cómo es la diferencia entre sí. Para ello utilizamos algunas pruebas de “Comparaciones múltiples” para un DCA. Por ejemplo, recordemos que la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para dos tratamientos, en un DCA está dada por la ecuación.

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > t_{\alpha/2, N-t} \sqrt{CM_{error} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)}$$

Entonces, para el caso de bloque esta expresión se transforma en:

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > t_{\alpha/2, (t-1)(b-1)} \sqrt{CM_{error} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)}$$

Donde:

b: es el número de bloques, que hace las veces de número de réplicas.

(t - 1) (b - 1): son los grados de libertad del CMerror.

Comparaciones múltiples para los tratamientos

Las desviaciones estándar a utilizar en cada prueba son:

1) Prueba t y LSD

$$S_d = \sqrt{\frac{2CM_{error}}{b}}$$

2) Contrastes ortogonales:

$$S_L = \sqrt{CM_{error} \sum_{i=1}^t \frac{c_i^2}{b}}$$

3) Tukey

$$S_d = \sqrt{\frac{CM_{error}}{b}}$$

4) Dunnett

$$S_d = \sqrt{\frac{2CM_{error}}{b}}$$

Prueba de Friedman (Cuando el ANVA no es significativo)

Según Friedman (1937) propuso una prueba para datos sin distribución conocida, cuando estos corresponden a un diseño de bloques completos al azar.

Es la alternativa no paramétrica para el diseño de bloques completos al azar.

Los datos consisten de k muestras relacionadas (correspondientes a los k tratamientos), cada una de tamaño b (número de bloques). Al asignar rangos en caso de empates utilice la media de los rangos (Rango 1 al dato más pequeño, 2 al segundos datos, 3 al tercero y así sucesivamente hasta el dato más grande de las k observaciones dentro de cada bloque.

$$R_i = \sum_{j=1}^b R_{ij}$$

Supuestos:

1. Los b bloques son mutuamente independientes (los resultados dentro de un bloque no influyen en los resultados dentro de los otros)
2. La escala de medida es al menos ordinal, de modo que las observaciones pueden ser ordenadas dentro de cada bloque.

Procedimiento:

- 1) Hipótesis estadística

Ho: Los tratamientos tienen los mismos efectos

Ha: Al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente

- 2) Nivel de significancia
- 3) Prueba estadística

1. Asignar un valor de jerarquía (Rango) a la respuesta de los tratamientos dentro de cada bloque de menor a mayor.

2. Obtener la suma de los rangos para cada tratamiento.
3. Probar la hipótesis nula de que las poblaciones dentro de un bloque son idénticas contra la opción que al menos un tratamiento viene de una población que tiene una diferente ubicación. El criterio es:

Sin empates:

$$X^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3n(k-1)$$

n: bloques

k: grupos o tratamientos

O puede usar la siguiente formula:

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b R_{ij}^2 \quad B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2$$

$$A = \frac{bk(k+1)(2k+1)}{6}$$

$$T = \frac{(k-1) \left[bB - \frac{b^2 k(k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{bk(k+1)^2}{4}}$$

Con empates:

Hallar previamente los valores para el ajuste:

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k R_{ij}^2 \quad C = \frac{bk(k+1)^2}{4}$$

Estadístico de prueba:

$$X^2 = \frac{(k-1) \left[\sum_{i=1}^k R_i^2 - bC \right]}{A - C} \sim X_{(k-1)}^2$$

- 4) Decisión. Se rechaza la Ho si $T > X_{(1-\alpha, k-1)}^2$

Comparaciones múltiples:

Si la Ho es rechazada la prueba de Friedman use la siguiente prueba para comparar los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad.

$$|R_i - R_j| > t_{(1-\frac{\alpha}{2},(b-1)(k-1))} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}}$$

LSD

Las comparaciones se realizan con la suma de los rangos de cada tratamiento. Si “R_i” representa la suma de los rangos del tratamiento “i” que es r_i.

Entonces la diferencia es significativa si:

$$|R_i - R_j| > LSD = t_{\alpha,(b-1)(t-1)} \sqrt{\frac{2(bA - \sum R_i^2)}{(b-1)(t-1)}}$$

Con $t - 1$ gl

Friedman post-hoc test Nemenyi

Siempre que la prueba de Friedman indique significación, se puede emplear la prueba post-hoc de Nemenyi (1963) (Sachs, 1997).

Esta prueba requiere un diseño equilibrado ($n_1 = n_2 = \dots = n_k = n$).

La desigualdad se tomó de Demsar (2006), donde la diferencia crítica se refiere a sumas de rango promedio.

$$|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > \frac{q_{\infty,k,\alpha}}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{k(k+1)}{6n}}$$

Esta desigualdad conduce a las mismas diferencias críticas de sumas de rango $|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$ cuando se multiplica con n para $\alpha = [0.1; 0.5; 0.01]$, como se muestra en las tablas de Wilcoxon y Wilcox.

Del mismo modo, la función posthoc. Friedman .nemenyi. test calcula los niveles correspondientes de significancia y la función genérica print representa el triángulo inferior de la matriz que contiene p-valores.

La prueba de Nemenyi (1963) fue desarrollada para explicar un error familiar y es una prueba conservadora. Esta es la razón, por qué no incluye los p-ajuste en la función.

Si la H₀ es rechazada la prueba de Friedman use la siguiente prueba para comparar los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad.

$$|R_i - R_j| > t_{(1-\frac{\alpha}{2}, (b-1)(k-1))} \sqrt{\frac{2(bA - \sum R_i^2)}{(b-1)(k-1)}}$$

Según Castejon Sandoval (2011) es el diseño más simple y sencillo de realizar, en el cual los tratamientos se asignan las unidades experimentales (UE) o viceversa. Este diseño tiene amplia aplicación cuando las unidades experimentales son muy homogéneas, es decir, la mayoría de los factores están controlados. También en ensayos clínicos y en experimentos industriales. En ensayos de invernaderos es muy útil. Ha sido ampliamente utilizado en experimentos agrícolas.

1.3 Antecedentes

Belén (2012) concluye que el “Diseño Experimental” con sus rigurosas y confiables técnicas nos conduce y garantiza un correcto análisis Estadístico optimizando tiempo y recursos para lograr una maximización en el cultivo logrando así emitir conclusiones favorables.

Reis (2015) estudio realizado en el campus de la Universidad de Río Verde donde ofrece ambientes de gran concentración de personas y, por lo tanto, las fuentes de ruido son significativas, concluye que este tema es de gran importancia ya que el ruido causa daños en el sistema auditivo y estos son irreversibles y graves con consecuencias para salud física y mental de las personas afectadas por ellos, además concluye que los niveles de ruido presentes en las instalaciones de UNIRV campus son preocupantes, superior a los valores recomendados por NBR 10152, que muestra el alto nivel de estrés que el cuerpo de estudiantes, profesores y personal de la institución, así como las molestias que causa e interferir con el rendimiento de las actividades de enseñanza.

Según Huertas (2015) busca lograr la reflexión sobre la contaminación auditiva y buscar una importante contribución para mejorar nuestra calidad de vida. Analizar y buscar el desarrollo del tema, es necesario tener un conocimiento de lo que es el sonido, ruido y saber de qué están compuestos lo cual se optó por observar, comparar y concluir; es un gran paso y abrió la posibilidad de interpretar y tener un conocimiento de la manera más simple.

Moreno y Orozco (2015) el artículo presenta los niveles de ruido ambiental en una biblioteca universitaria. La medición utilizó un sonómetro CESVA 160. Se obtuvieron

registros por encima de los 60 decibeles y máximos cercanos a los 70, valores que resultaron fuera del intervalo recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Las áreas de mayor ruido fueron la Sala de lectura y el área del mostrador de circulación. Las principales fuentes de ruido identificadas fueron los usuarios, aviones, teléfonos celulares y equipos de cómputo. Se señala como factor crítico el diseño arquitectónico del edificio, en virtud del efecto de reverberación que genera, el cual determina la pobre calidad acústica de las instalaciones.

González y Fernández (2014) concluye que el ruido es un contaminante ambiental que afecta la calidad de vida de las personas a nivel mundial y las personas expuestas pueden padecer múltiples afectaciones a la salud. Además, indica que la contaminación sónica afecta diferentes escenarios y uno de ellos son los centros educacionales “los estudiantes que asisten a ellos necesitan concentrarse para lograr un aprendizaje satisfactorio, por lo tanto son más susceptibles a este factor de riesgo al igual que los docentes que allí laboran”. La principal consecuencia social del ruido es el deterioro de la audición y se está considerando una desventaja social severa. Los principales efectos a la salud provocados por el ruido pueden ser auditivos y no auditivos. Entre los primeros se encuentran el desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición. Entre los segundos dilatación de las pupilas y parpadeo acelerado, agitación respiratoria. Además, también encontramos afectaciones en la esfera psicológica

Arias (2009) refiere que los niveles crecientes de ruido en el exterior han ido invadiendo núcleos de población, sin que existieran previsiones para limitar este deterioro. La ordenación del tráfico ha hecho que la circulación intensa en vez de reducirse a unas pocas calles se vea esparcida por toda la ciudad. De esta forma áreas considerables anteriormente tranquilas se han deteriorado en su medio ambiente exterior. Por otro lado, muchos de los equipamientos docentes se han ido localizando de forma inadecuada cerca de grandes fuentes de ruido o bien éstas, como en el caso de las carreteras, pueden haber discurrido con trazados excesivamente cercanos a algunos centros docentes. La protección de esta zona frente al ruido no se ha podido aplicar, en gran medida porque los criterios correspondientes a la protección para este tipo de contaminación no forman parte de la planificación urbana.

Arias (2009) indica que las clases son demasiado ruidosas. Los escolares de enseñanza primaria están expuestos a niveles de ruido que superan los 70 dB. Un estudio llevado a

cabo por la Organización de Consumidores y Usuarios de España, la OCU, realizó mediciones de los niveles de ruido en 10 escuelas de enseñanza primaria en Madrid y Barcelona, España. Los resultados muestran que los niveles de ruido en el exterior de las escuelas oscilaban entre 53 y 76 dB durante las horas lectivas. En el interior de las aulas, siete de las diez escuelas superaban el nivel de ruido permitido establecido en 40 dB por la normativa española. Teniendo en consideración el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud, la OMS, de 35 dB en las escuelas, nueve de los diez colegios no cumplirían con la normativa.

Miyara (2003) en primer lugar es necesario definir una serie de contenidos temáticos a desarrollar en clase, siendo el eje común las pautas sobre higiene sonora. Estos niveles no se refieren necesariamente a edades cronológicas, sino que son etapas que deben cubrirse metódicamente. La rapidez con que se avanzará y se pasará de un nivel al siguiente dependerá de la respuesta de los propios alumnos, de acuerdo al criterio del docente.

En el nivel elemental se eligieron temas que tuvieran que ver con los aspectos vivenciales y actitudinales de los pequeños, sin énfasis en lo conceptual. Entre ellos se encuentran las partes anatómicas del oído externo, es decir, aquellas partes visibles del aparato auditivo (oreja o pabellón, trago, lóbulo, canal auditivo), y sus funciones.

En el segundo nivel, se introduce el concepto de tímpano como membrana delicada que vibra, y su posible visualización con un otoscopio.

En el tercer nivel se describe el oído interno, con énfasis en lo delicado de sus estructuras. Se correlaciona esta información con la adquirida anteriormente relativa a los efectos de los diferentes tipos de sonido.

BVSA (2012) el término sonido se refiere a un disturbio mecánico, propagado como un movimiento ondulatorio en el aire y otros medios elásticos o mecánicos. En el dominio de las partículas, la onda aparece como una vibración u oscilación alrededor de un punto de equilibrio. En el terreno macroscópico, el movimiento coordinado vibratorio de las partículas individuales conduce a la generación de zonas o superficies de acumulación y otras de enrarecimiento, intercambiables en el tiempo para una misma posición, según la materia se acumula o dispersa respecto a un estado inicial de equilibrio según una dependencia temporal, comprometiendo un cambio periódico de la densidad del medio.

La partícula del medio material, sujeta a vibración, oscila mayormente en la misma dirección en que se produce la propagación del disturbio. El movimiento oscilatorio de las partículas nos lleva al concepto de onda que se propaga en medio elástico. La propagación de tales ondas consiste en la transferencia de la excitación de las vibraciones de las partículas del medio, excitación que se propaga alejándose de la fuente sin que ello implique un desplazamiento neto resultante o cambio final de posición en la partícula individual.

Quevedo (2003) define el ruido. El ruido se define como un sonido confuso, desagradable, falta de armonía. Definición ésta subjetiva, ya que lo que para unos es ruido para otros es música agradable. Por lo tanto debemos tener en cuenta elementos objetivos para cuantificar el ruido tales como : la intensidad y la frecuencia, es sabido que los tonos agudos pueden dañar más el oído interno. La OMS recomienda no exponerse a sonidos de intensidades mayores de 65 - 70 db. A nivel laboral en nuestro país , 85db, es el límite, permitido. Además de la intensidad y la frecuencia, importa y mucho, el tiempo que la persona está expuesta a esos ruidos. Alteraciones que provoca el ruido. Es muy importante que los niños comprendan que las alteraciones que provoca el ruido no se refieren sólo a la sordera. Existen otros trastornos a nivel fisiológico, psíquico, que son muy significativos. Se destaca que el ruido es un importante factor de stress, lo cual tiene un costo social considerable. En la escuela observamos que los salones que dan a la calle tienen un factor dispersante importante y los niños una mayor inquietud, incidiendo directamente en el área educativa, ya que se altera la comunicación, sobre todo con los ruidos de impacto, tales como bocinas, caños de escape libres, propaganda callejera, etc. Los alumnos también elevan el volumen de su voz, los maestros deben repetir reiteradas veces su mensaje, con el consiguiente esfuerzo vocal y pérdida de tiempo. Algunos maestros presentan disfonías o ronqueras frecuentes. Fuera y dentro de la escuela, el ruido es un factor de contaminación ambiental. La Escuela fue construida a principios de siglo y al comienzo tenía un entorno silencioso. Al momento actual está en la encrucijada de dos calles muy transitadas. Por otra parte es común que los alumnos usen walkman en sus horas libres, que en su mayoría no tienen control en el nivel de salida de la presión sonora y esto constituye un factor de riesgo para los oídos, ya que puede afectarse el oído interno. Las hipoacusias de oído interno son irreversibles. Por estos motivos los niños fueron inducidos a reflexionar sobre el tema y lo eligieron entre otros.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

Durante mucho tiempo, mantener el silencio en la biblioteca ha sido un escollo para los usuarios en las universidades. Donde el clima tranquilo y saludable de la biblioteca se ve perturbado por la contaminación sonora, pudiendo generar en los estudiantes estrés.

Se ha divulgado sobre la importancia de diversos aspectos relevantes en las bibliotecas, en su administración, el manejo de la información, su misión y los servicios que presta; así como estándares de calidad, el uso de nuevas tecnologías, los usuarios, su construcción, pero poco se menciona sobre la contaminación sonora. La calidad acústica del aula permite a los alumnos de este contexto mejorar la captura, análisis (Oliva y Damián, 2009)

Al hacer una visita a la biblioteca por se uno se da cuenta que todo el tiempo se encuentra a su máxima capacidad y que dicho lugar no es usado adecuadamente, por lo que se puede percibir una falta de cultura en los estudiantes y usuarios en general, el ruido puede ser generado por diferentes razones y entre ellas se ha identificado, plática entre estudiantes, juego en aparatos electrónicos generando mal uso de la biblioteca, si a esto agregamos que el edificio a simple vista no cuenta con acabado acústico, aseguramos que hay un problema que habrá de dárseles atención. Por lo tanto, se determina que es conveniente investigar los niveles de ruido para determinar si sobrepasan o no lo establecido en las normas.

En base a tales consideraciones, a través del presente trabajo se propone resolver el siguiente problema:

2.2 Definición del Problema

¿En qué medida se da la contaminación sonora en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV. Juliaca, 2017?

2.3 Intención de la investigación

Al realizar una visita a la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras, se percibió que se genera diferentes niveles de ruido, debido a las diferentes actividades ajenas a la biblioteca, como conversar, jugar, sea en grupo o de manera individual, la OMS señala que el ruido que no debe exceder los 50 decibeles, sin embargo el ruido se ha convertido en una enorme distracción para los estudiantes que recurren a realizar actividades de aprendizaje, lectura, etc.

2.4 Justificación

Al realizar una visita a la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras, se percibió que se genera diferentes niveles de ruido, debido a las diferentes actividades ajenas a la biblioteca, como conversar, jugar, sea en grupo o de manera individual, la OMS señala que el ruido que no debe exceder los 50 decibeles, sin embargo el ruido se ha convertido en una enorme distracción para los estudiantes que recurren a realizar actividades de aprendizaje, lectura, etc.

Es por ello que se requiere determinar el análisis de contaminación sonora en la biblioteca de la Facultad de Ciencias Puras de la UANCV, para concientizar a los usuarios que permite disminuir los niveles de contaminación acústica en la biblioteca de Facultad de Ciencias Puras (FICE) de la UANCV. En cuanto a lo económico es viable debido a que no ocasiona gastos, en lo referente a lo social tenemos que respetar los derechos de las personas en la biblioteca.

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo General

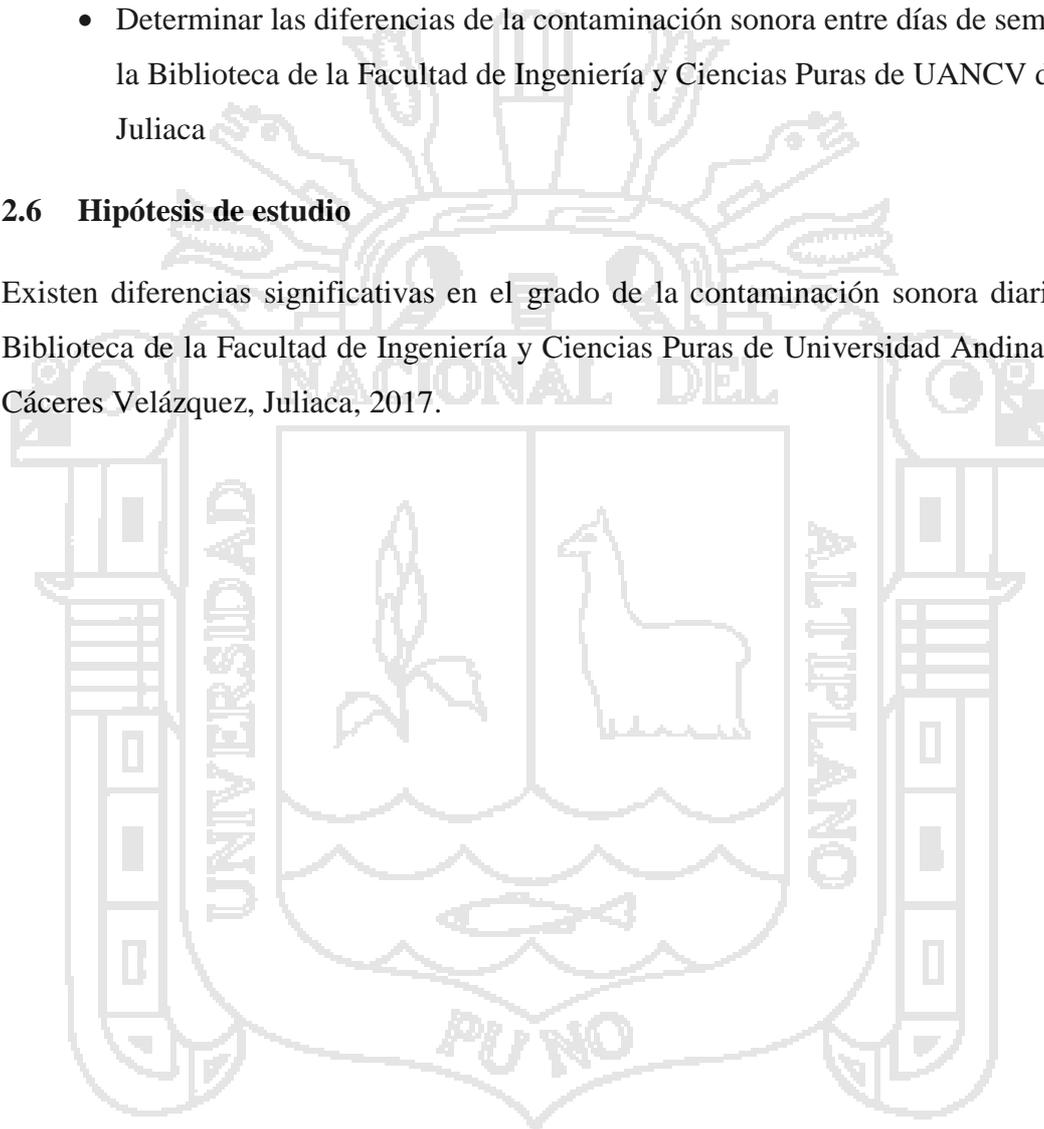
Analizar la contaminación sonora en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV, Juliaca, 2017.

2.5.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles de contaminación sonora (ruido) en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV de Juliaca.
- Determinar las diferencias entre horas de la contaminación sonora en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV de Juliaca.
- Determinar las diferencias de la contaminación sonora entre días de semana en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV de Juliaca

2.6 Hipótesis de estudio

Existen diferencias significativas en el grado de la contaminación sonora diaria en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Juliaca, 2017.



CAPÍTULO III METODOLOGIA

3.1 Lugar de estudio

La biblioteca se encuentra ubicada en el pabellón de Hidráulica en el segundo nivel, cuenta con un área de 240 m² aprox., donde se distribuye en una sala de lectura y un almacén de materiales.



Figura 5. Ubicación de la Biblioteca de Ingeniería y Ciencias Puras de la UANCV

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población está representada por la totalidad de datos que tomaron en la Lista de Contaminación Sonora.

3.2.2 Muestra

Según Hernández Sampieri (2014) la muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población. La muestra en este caso se toma la totalidad de datos.

La determinación del número de las unidades de análisis sigue un proceso probabilístico.

La muestra está representada por 35 unidades estadísticas que son los datos de la Lista de Contaminación sonora que tomaron de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras.

3.3 Metodología del objetivo específico

3.3.1 Diseño de la investigación

La tesis se enmarca bajo el diseño cuasi experimental.

3.3.2 Tipo de investigación

El estudio pertenece a un tipo no experimental

3.3.3 Técnicas de recolección de datos e instrumentos y análisis

3.3.3.1 Técnicas

Lista de datos: En el estudio se ha utilizado la técnica de lista de datos instrumento denominado “Lista de Contaminación Sonora”, con el propósito de recabar la información y los datos requeridos, para establecer la relación de las variables

3.3.3.2 Instrumentos

El instrumento que se utilizó para la recolección de los datos es:

Lista de Contaminación Sonora.

Sonómetro

3.4 Variables de estudio

3.4.1 Variable independiente

Factor: Días de la semana

Niveles: 9:00; 9:30; 10:00; 10:30; 11:00; 11:30; 12:00

Bloques: Lunes, martes, miércoles, jueves y viernes

3.4.2 Variable dependiente

Contaminación sonora

Tabla 9 Operacionalización de variables

| Variable(s) | Dimensión(es) | Indicador (es) | Índice(s) | Instrumento |
|----------------|----------------------|-------------------|---|-------------------------------|
| Independiente: | Bloques | Días de la semana | Lunes, martes, miércoles, jueves, viernes | Lista de Contaminación Sonora |
| | Niveles | Horas | 9:00; 9:30; 10:00; 10:30; 11:00; 11:30; 12:00 | Reloj |
| Dependiente: | Contaminación sonora | Niveles | Decibeles | Sonómetro |

Para análisis de datos, se usará el diseño de bloques completos al azar que consiste en:

Elaborar el croquis experimental

Después de que las unidades experimentales han sido agrupadas en los bloques deseados, los tratamientos son asignados dentro de cada bloque.

Elección del modelo estadístico y análisis del diseño

Modelo Aditivo Lineal

El modelo aditivo lineal para un experimento en un diseño de bloques aleatorizado requiere un término que represente la variación identificable en las observaciones como consecuencia de los bloques. La respuesta de la unidad con el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque se escribe como:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, b$$

donde:

y_{ij} : Es la variable de respuesta observada en el j -ésimo bloque que recibe el i -ésimo tratamiento.

μ : Es la media general de la variable respuesta.

τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento, el cual es constante para todas las observaciones dentro del i -ésimo tratamiento

β_j : Es el efecto debido del j -ésimo bloque.

e_{ij} : Es el error aleatorio atribuible a la medición y_{ij} , con $e_{ij} \sim DNI(0, \sigma^2)$. Es el efecto del error experimental en el i -ésimo tratamiento, j -ésimo bloque.

t : es el número de tratamientos

b : es el número de bloques

Supuestos del modelo estadístico

El modelo estadístico debe cumplir con los siguientes supuestos:

1. Aditividad: Los efectos del modelo son aditivos
2. Linealidad: Las relaciones entre los efectos del modelo son lineales
3. Normalidad: los errores del modelo deben tener una distribución normal con media cero y varianza σ^2 .

4. Independencia: Los resultados obtenidos en el experimento son independientes entre sí.
5. Homogeneidad de varianzas: Las diferentes poblaciones generadas por la aplicación de los diferentes tratamientos tienen varianzas iguales
6. No existe interacción entre los bloques y los tratamientos.

Prueba de hipótesis para el diseño y contraste de hipótesis

Hipótesis estadística

La hipótesis de interés es la misma para todos los diseños comparativos, y está vez añadimos la hipótesis para evaluar el efecto de bloqueo, las cuales están dadas por:

Para el modelo I (efectos fijos).

Para tratamientos, en términos de medias

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j \quad \text{al menos una } i \neq j$$

En términos de efectos de los tratamientos: Nos interesa saber si los distintos tratamientos influyen en la variable respuesta.

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$$

$$H_a: \tau_i \neq \tau_j \quad \text{al menos una } i \neq j$$

Es decir, contrastamos que no hay diferencia en las medias de los tratamientos frente a la alternativa de que al menos una media difiere de otra.

Pero, previamente hay que comprobar si la presencia del factor bloque está justificada. Para ello, realizamos el siguiente contraste de hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b$$

$$H_a: \beta_i \neq \beta_j \quad \text{al menos una } i \neq j$$

Es decir, contrastamos que no hay diferencia en las medias de los diez bloques frente a la alternativa de que al menos una media difiere de otra.

Para el Modelo II (efectos aleatorios), se plantea en términos de varianzas.

$$H_0: \sigma_t^2 = 0$$

$$H_0: \sigma_t^2 > 0$$

En cualquiera de estas hipótesis la afirmación a probar es que la respuesta media poblacional lograda con cada tratamiento es la misma para los t tratamientos y los b bloques y que, por lo tanto, cada respuesta media μ_i es igual a la media global poblacional, μ .

Nivel de significancia: $\alpha = ?$

Estadístico de prueba:

El estadístico F_o es:

$$F_t = \frac{CM_{trat}}{CM_{error}} \sim F_{[(t-1)(b-1)], \alpha}^{(t-1)}$$

También existe el interés, en comparar las medias de los bloques porque quizá sea necesaria la formación de bloques en experimentos futuros.

$$F_B = \frac{CM_{bloque}}{CM_{error}} \sim F_{[(t-1)(b-1)], \alpha}^{(b-1)}$$

Regla de decisión

La hipótesis nula H_0 se rechaza para una probabilidad de un error tipo I de α si:

Tratamientos:

$$F_t > F_{[(t-1)(b-1)], \alpha}^{(t-1)}$$

Bloques:

$$F_B > F_{[(t-1)(b-1)], \alpha}^{(b-1)}$$

En términos de la probabilidad asociada al estadístico de prueba, si:

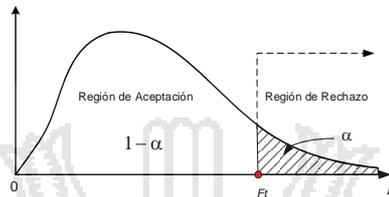
$p < \alpha$ se rechaza la hipótesis nula H_0 .

donde:

p : Es el valor de probabilidad asociado al estadístico F .

α : Nivel de significancia

Gráficamente tenemos:



Comparaciones múltiples en el DBCA

Se aplican las mismas pruebas del DCA. Los supuestos y característica son las mismas.

Cuando se rechaza la hipótesis de igualdad de los tratamientos, es natural preguntarse cómo es la diferencia entre sí. Para ello utilizamos algunas pruebas de “Comparaciones múltiples” para un DCA. Por ejemplo, recordemos que la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para dos tratamientos, en un DCA está dada por la ecuación.

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > t_{\alpha/2, N-t} \sqrt{CM_{error} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)}$$

Entonces, para el caso de bloque esta expresión se transforma en:

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > t_{\alpha/2, (t-1)(b-1)} \sqrt{CM_{error} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)}$$

Donde:

b : es el número de bloques, que hace las veces de número de réplicas.

$(t - 1) (b - 1)$: son los grados de libertad del CM_{error} .

Comparaciones múltiples para los tratamientos

Las desviaciones estándar a utilizar en cada prueba son:

1) Prueba t y LSD

$$S_d = \sqrt{\frac{2CM_{error}}{b}}$$

2) Contrastes ortogonales:

$$S_{\hat{L}} = \sqrt{CM_{error} \sum_{i=1}^t \frac{c_i^2}{b}}$$

3) Tukey

$$S_d = \sqrt{\frac{CM_{error}}{b}}$$

4) Dunnett

$$S_d = \sqrt{\frac{2CM_{error}}{b}}$$

Prueba De Friedman (Cuando El Anva No Es Significativo)

Friedman (1937) propuso una prueba para datos sin distribución conocida, cuando estos corresponden a un diseño de bloques completos al azar.

Es la alternativa no paramétrica para el diseño de bloques completos al azar

Los datos consisten de k muestras relacionadas (correspondientes a los k tratamientos), cada una de tamaño b (número de bloques). Al asignar rangos en caso de empates utilice la media de los rangos (Rango 1 al dato más pequeño, 2 al segundos datos, 3 al tercero y así sucesivamente hasta el dato más grande de las k observaciones dentro de cada bloque.

$$R_i = \sum_{j=1}^b R_{ij}$$

Sin empates:

$$X^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3n(k-1)$$

n: bloques

k: grupos o tratamientos

O puede usar la siguiente formula:

$$A = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b R_{ij}^2 \quad B = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k R_i^2$$

$$A = \frac{bk(k+1)(2k+1)}{6}$$

$$T = \frac{(k-1) \left[bB - \frac{b^2 k(k+1)^2}{4} \right]}{A - \frac{bk(k+1)^2}{4}}$$

Con empates:

Hallar previamente los valores para el ajuste:

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k R_{ij}^2 \quad C = \frac{bk(k+1)^2}{4}$$

Estadístico de prueba:

$$X^2 = \frac{(k-1) [\sum_{i=1}^k R_i^2 - bC]}{A - C} \sim X_{(t-1)}^2$$

5) Decisión. Se rechaza la H_0 si $T > X_{(1-\alpha, k-1)}^2$

COMPARACIONES MÚLTIPLES

Si la H_0 es rechazada la prueba de Friedman use la siguiente prueba para comparar los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad.

$$|R_i - R_j| > t_{(1-\frac{\alpha}{2}, (b-1)(k-1))} \sqrt{\frac{2b(A-B)}{(b-1)(k-1)}}$$

LSD

Las comparaciones se realizan con la suma de los rangos de cada tratamiento. Si “ R_i ” representa la suma de los rangos del tratamiento “ i ” que es r_i .

Entonces la diferencia es significativa si:

$$|R_i - R_j| > LSD = t_{\alpha, (b-1)(t-1)} \sqrt{\frac{2(bA - \sum R_i^2)}{(b-1)(t-1)}}$$

Con $t - 1$ gl

Friedman post-hoc test Nemenyi

Siempre que la prueba de Friedman indique significación, se puede emplear la prueba post-hoc de Nemenyi (1963) (Sachs, 1997).

Esta prueba requiere un diseño equilibrado ($n_1 = n_2 = \dots = n_k = n$).

La desigualdad se tomó de Demsar (2006), donde la diferencia crítica se refiere a sumas de rango promedio.

$$|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > \frac{q_{\infty, k, \alpha}}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{k(k+1)}{6n}}$$

Esta desigualdad conduce a las mismas diferencias críticas de sumas de rango $|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$ cuando se multiplica con n para $\alpha = [0.1; 0.5; 0.01]$, como se muestra en las tablas de Wilcoxon y Wilcox.

Del mismo modo, la función `posthoc.friedman.nemenyi.test` calcula los niveles correspondientes de significancia y la función genérica `print` representa el triángulo inferior de la matriz que contiene p-valores.

La prueba de Nemenyi (1963) fue desarrollada para explicar un error familiar y es una prueba conservadora. Esta es la razón, por qué no incluye los p-ajuste en la función.

Si la H_0 es rechazada la prueba de Friedman use la siguiente prueba para comparar los tratamientos por pares. Se dirá que los tratamientos i y j difieren significativamente si satisfacen la siguiente desigualdad.

$$|R_i - R_j| > t_{(1-\frac{\alpha}{2}, (b-1)(k-1))} \sqrt{\frac{2(bA - \sum R_i^2)}{(b-1)(k-1)}}$$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de llevar adelante esta investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones

4.1 Planeación de la investigación

Para comparar la contaminación sonora en la biblioteca de la facultad de ingeniería y ciencias puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, Juliaca, 2017 se ha medido durante 5 días a diferentes horas. Debido a que los días pueden ser una fuente de variabilidad, se decide usar un diseño por bloques.

4.2 Elección de la variable de respuesta.

La variable de respuesta es: la contaminación sonora

4.3 Determinación de factores

Factor: horas del día

Niveles: 9:00, 9:30, 10:0, 10:30, 11:00, 11.30, 12:00

Bloques: 5 días de la semana: lunes, martes, miércoles, jueves y viernes

Modelo completo: los 5 niveles en cada bloque

Unidad experimental: biblioteca

Tamaño del experimento: 35 mediciones

4.4 Elección del diseño experimental

Diseño de bloques.

Modelo estadístico lineal (MEL):

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij} \quad i = 1, 2, 3 \quad y \quad j = 1, 2, 3, 4$$

donde:

y_{ij} : Es el grado de contaminación sonora en el j-ésimo día (bloque), sujeto a la i-ésima hora.

μ : Es media poblacional de la contaminación sonora.

τ_i : Es el efecto de la i-ésima hora en la contaminación sonora.

β_j : Es el efecto debido al j-ésimo día en la contaminación sonora.

e_{ij} : Es el efecto del error experimental.

5 Realización del experimento

5 bloques, 7 niveles

Resultados de la investigación: los resultados se recopilaron y se presentándose como promedios

Tabla 10 *Los resultados consolidados de la medición se presentan a continuación*

| Bloque | Tratamientos (Horas) | | | | | | |
|--------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 53.90 | 54.77 | 57.67 | 57.23 | 55.80 | 58.62 | 60.00 |
| 2 | 56.30 | 65.90 | 57.53 | 54.83 | 56.70 | 60.47 | 60.63 |
| 3 | 59.53 | 61.40 | 60.50 | 57.83 | 56.17 | 60.30 | 60.97 |
| 4 | 55.03 | 60.00 | 55.40 | 52.20 | 55.10 | 58.07 | 57.00 |
| 5 | 57.17 | 58.07 | 57.30 | 53.80 | 55.50 | 56.30 | 56.77 |

Fuente: ficha de observación.

4.5 Análisis de datos

Antes de realizar el Análisis de varianza es necesario observar las medidas descriptivas, los cuales se obtendrán utilizando el software R y R estudio



Tabla 11 *Medidas descriptivas de la contaminación sonora para las horas*

| Min. | 1st Qu. | Median | Mean | 3rd Qu. | Max. | |
|----------|---------|--------|-------|---------|-------|-------|
| 9:00 am | 53.90 | 55.03 | 56.30 | 56.39 | 57.17 | 59.53 |
| 9:30 am | 54.77 | 58.07 | 60.00 | 60.03 | 61.40 | 65.90 |
| 10:00 am | 55.40 | 57.30 | 57.53 | 57.68 | 57.67 | 60.50 |
| 10:30 am | 52.20 | 53.80 | 54.83 | 55.18 | 57.23 | 57.83 |
| 11:00 am | 55.10 | 55.50 | 55.80 | 55.85 | 56.17 | 56.70 |
| 11:30 am | 56.30 | 58.07 | 58.62 | 58.75 | 60.30 | 60.47 |
| 12:00 am | 56.77 | 57.00 | 60.00 | 59.07 | 60.63 | 60.97 |

Al observar los promedios (Mean) podemos indicar que existe diferencia entre los promedios de ruido entre las diferentes horas, por lo que confirmaremos con la técnica del análisis de varianza. Igualmente la tabla muestra los valores mínimos y máximos, por ejemplo el ruido mínimo 52.20 se dio a las 10:30 a.m. y el máximo 65.90 a las 9:30 am.

Tabla 12 *Medidas descriptivas de la contaminación sonora para los días*

| | Min. | 1st Qu. | Median | Mean | 3rd Qu. | Max. |
|-----------|-------|---------|--------|-------|---------|-------|
| Lunes | 53.90 | 55.28 | 57.23 | 56.86 | 58.15 | 60.00 |
| Martes | 54.83 | 56.50 | 57.53 | 58.91 | 60.55 | 65.90 |
| Miércoles | 56.17 | 58.68 | 60.30 | 59.53 | 60.73 | 61.40 |
| Jueves | 52.20 | 55.06 | 55.40 | 56.11 | 57.53 | 60.00 |
| Viernes | 53.80 | 55.90 | 56.77 | 56.42 | 57.23 | 58.07 |

Al observar los promedios (Mean) podemos indicar que existe diferencia entre los promedios de ruido entre los diferentes días, por lo que confirmaremos con la técnica del análisis de varianza. Igualmente, la tabla muestra los valores mínimos y máximos, por ejemplo el ruido mínimo 52.20 se dio el día jueves y el máximo 65.90 el día martes.

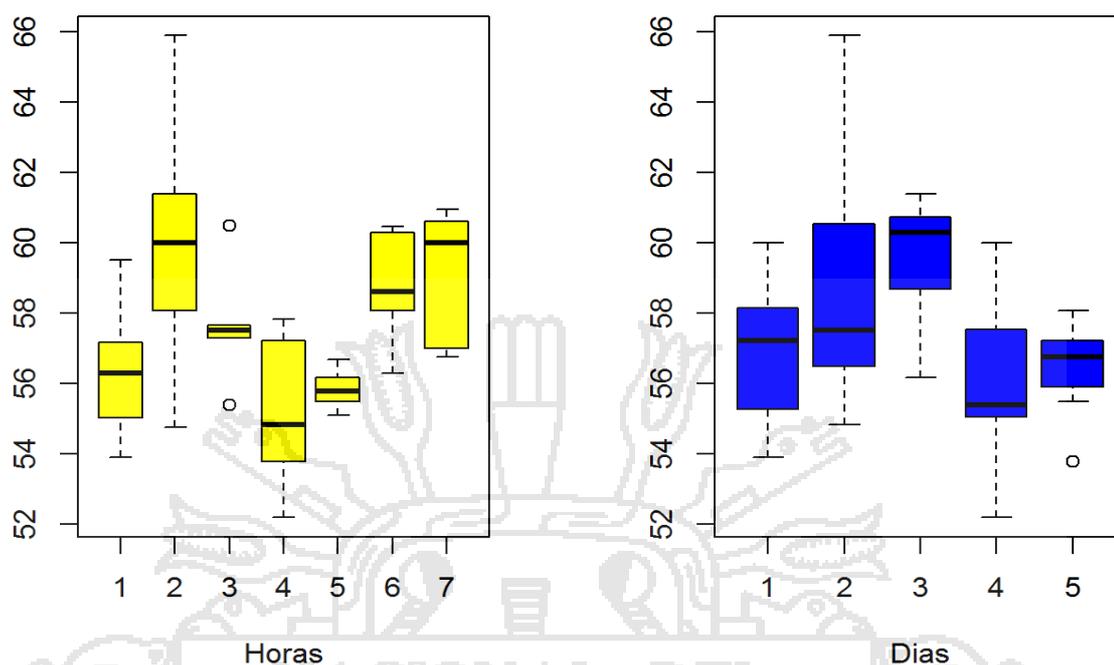


Figura 6. Diagrama de cajas para el grado de contaminación sonora por días y horas

De la figura 6. Podemos indicar a priori que pudieran ser estadísticamente diferentes el ruido en las diferentes horas, en el caso de los días, se observa que el día 3 “miércoles” es claramente diferente de los demás días. Para confirmar lo mencionado realizaremos las pruebas estadísticas.

Puesto que la construcción de bloques se ha diseñado para comprobar el efecto de una variable, nos preguntamos si ha sido eficaz su construcción. En caso afirmativo, la suma de cuadrados de bloques explicaría una parte sustancial de la suma total de cuadrados. También se reduce la suma de cuadrados del error dando lugar a un aumento del valor del estadístico de contraste experimental utilizado para contrastar la igualdad de medias de los tratamientos y posibilitando que se rechace la Hipótesis nula, mejorándose la potencia del contraste.

La construcción de bloques puede ayudar cuando se comprueba su eficacia pero debe evitarse su construcción indiscriminada. Ya que, la inclusión de bloques en un diseño da lugar a una disminución del número de grados de libertad para el error, aumenta el punto crítico para contrastar la Hipótesis nula y es más difícil rechazarla. La potencia del contraste es menor.

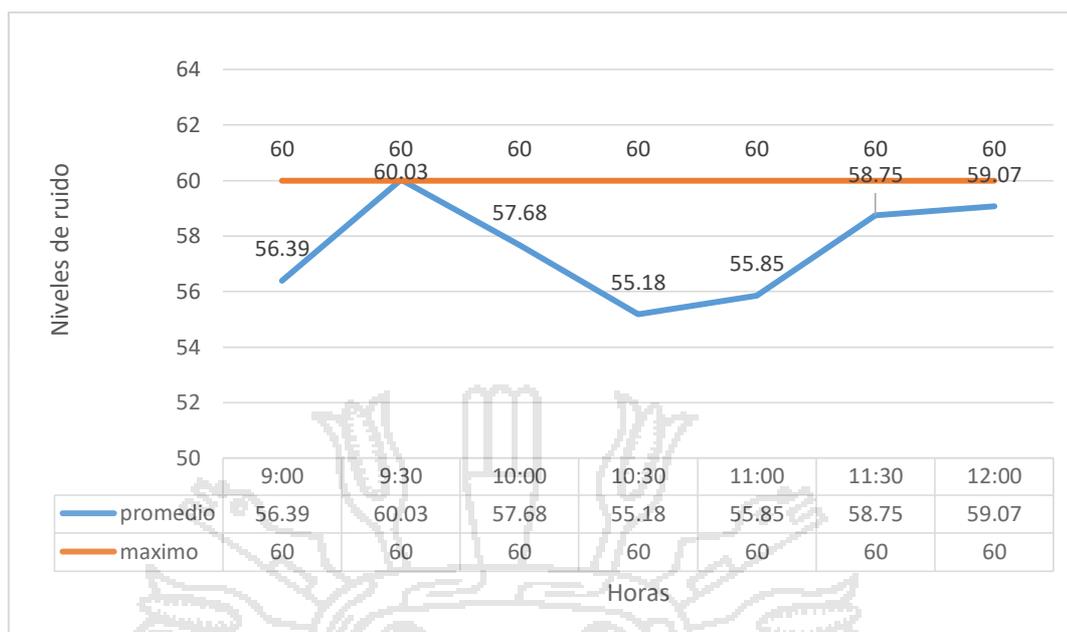


Figura 7. Diagrama comparativo frente al máximo permitido

Los niveles de ruido en la biblioteca respecto a las horas están por debajo los límites permitidos, excepto a las 9:39 a.m. donde se ha encontrado mas ruido.

Resumen de la Prueba estadística

Para bloques:

1) Planteamiento de hipótesis

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5$$

La contaminación sonora en los días es igual

$$H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5$$

La contaminación sonora en los días es diferente

2) Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

3) Estadístico de prueba

Tabla 13 *Modelo lineal y la tabla del análisis de la varianza*

| ## | Response: ruido | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-------|--------|---------|---------|-------------|-------|-------|
| ## | | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | | |
| ## bloque | | 4 | 67.125 | 16.7813 | 4.7644 | 0.005676 ** | | |
| ## trat | | 6 | 98.905 | 16.4841 | 4.6801 | 0.002765 ** | | |
| ## Residuals | | 24 | 84.533 | 3.5222 | | | | |
| ## Signif. codes: | | 0.001 | *** | 0.01 | * | 0.05 | ! 0.1 | ' ' 1 |

F = 4.7644

4) Decisión:

F de la tabla: $F_t = F_{6,0.05}^3 = 4.76$

Como valor probabilístico $p(0.005676) < \alpha(0.05)$, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de bloques, podemos concluir que el diseño de bloques es eficaz, el factor bloque tiene un efecto significativo. Por lo tanto la inclusión del factor bloque en el modelo es acertada, existe diferencia en la contaminación sonora entre días.

Para tratamientos:

1) Planteamiento de hipótesis

Para tratamientos:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = \tau_7$$

No existe diferencia en el grado de contaminación sonora entre horas.

$$H_a: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq \tau_6 \neq \tau_7$$

Existe diferencia en el grado de contaminación sonora entre horas.

2) Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

3) Prueba estadística:

Tabla 14 *Prueba estadística*

Response: ruido

| ## | Df | Sum | Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|--------------|----|--------|---------|---------|----------|--------|
| ## bloque | 4 | 67.125 | 16.7813 | 4.7644 | 0.005676 | ** |
| ## trat | 6 | 98.905 | 16.4841 | 4.6801 | 0.002765 | ** |
| ## Residuals | 24 | 84.533 | 3.5222 | | | |

Signif. codes: 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

$$F = 4.6801$$

4) Decisión:

Como el valor probabilístico $p(0.002765) < \alpha(0.05)$, se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos. Existen diferencias significativas en el grado de contaminación sonora en las diferentes horas del día

Verifiquemos el cumplimiento de los supuestos

Hipótesis de normalidad.

Para observar los residuos, realizamos primeramente un análisis gráfico con el histograma y grafico de probabilidades.

El gráfico 8, nos muestras que, existen altos indicios de que los datos tengan un ajuste normal, esto debido a que el grafico de Q-Q Plot los puntos están muy próximos a la diagonal. Por tanto, realizaremos la prueba estadística de Shapiro-Wilks como prueba confirmatoria.

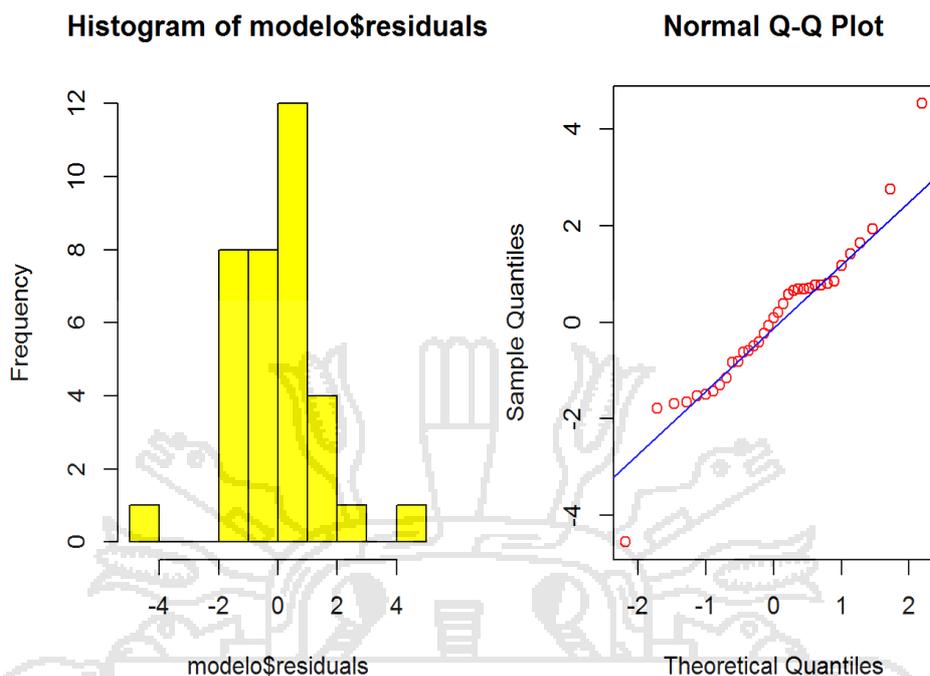


Figura 8 .Histograma y Probabilidad normal de contaminación sonora

Tabla 15 Test de normalidad de Shapiro

```
## Shapiro-Wilk| normality test
## data: modelo$residuals
## W = 0.95099, p-value = 0.1216
```

Como el valor de probabilidad asociado al estadístico de Shapiro-Wilk es $p\text{-value} = 0.1216 > \alpha = 0.05$, entonces aceptamos la hipótesis nula (H_0), por tanto, los errores y por ende los datos distribuyen normalmente o provienen de poblaciones normales.

Homogeneidad de varianzas:

Realizamos un análisis grafico exploratorio de los residuales contra los valores estimados y los niveles del factor (soluciones).

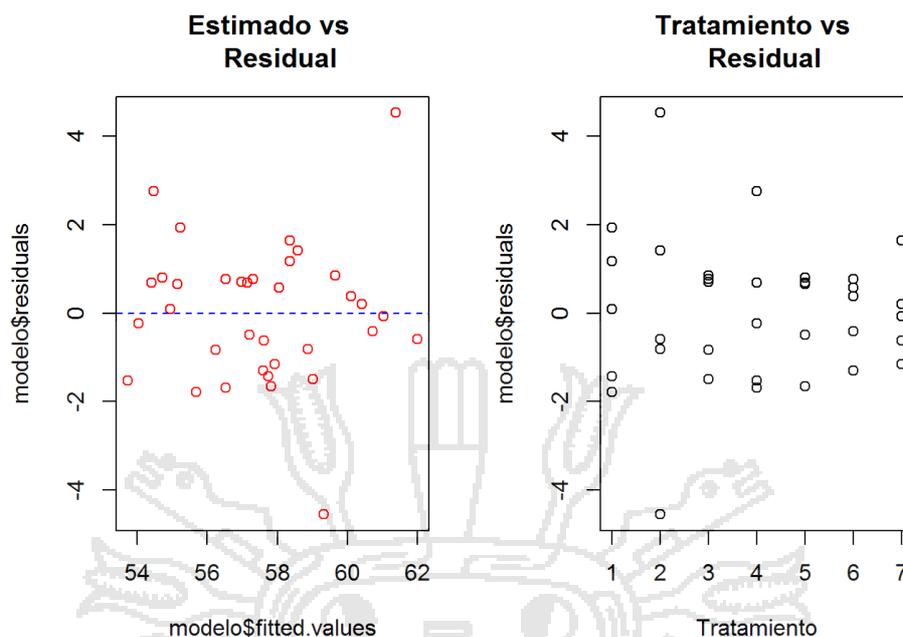


Figura 9. Grafica de residuales contra valores estimado

La figura 9 no presenta un patrón de comportamiento, lo que nos indicaría que las varianzas sean homogéneas, al igual en el segundo grafico donde se observa que el tratamiento 2 presenta mayor variabilidad, por tanto, también hay indicios de que las varianzas no sean diferentes. Para confirmar esto realizaremos la prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett.

```
## Bartlett test of homogeneity of variances
## data: ruido by trat
## Bartlett's K-squared = 11.029, df = 6, p-value = 0.08749
```

Como el valor $p\text{-value} = 0.08749 > \alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas. Es decir, los errores tienen varianzas iguales o la varianza es constante.

Independencia:

Verificaremos el cumplimiento de este último supuesto a través de la prueba de Durwin-Watson.

Tabla 16 *Prueba de Durwin-Watson*

```
# Durwin Watson
-----
dwtest(modelo)
## Durbin-Watson test
## data: modelo
## DW = 2.9797, p-value = 0.9792
-----
```

Como el valor de probabilidad asociado al estadístico DW es p-value (0.9792) > α (0.05), se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación. Por tanto, los datos en DBCA cumplen los supuestos básicos.

Prueba de significancia: Realizaremos la prueba de Tukey para ser más estrictos y encontrar las diferencias ya señaladas por el ANVA.

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_0: \mu_1 = \mu_3$ $H_0: \mu_1 = \mu_4$ $H_0: \mu_1 = \mu_5$ $H_0: \mu_2 = \mu_3$
 $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ $H_a: \mu_1 \neq \mu_3$ $H_a: \mu_1 \neq \mu_4$ $H_a: \mu_1 \neq \mu_5$ $H_a: \mu_2 \neq \mu_3$
 $H_0: \mu_2 = \mu_4$ $H_0: \mu_2 = \mu_5$ $H_0: \mu_3 = \mu_4$ $H_0: \mu_3 = \mu_5$ $H_0: \mu_4 = \mu_5$
 $H_a: \mu_2 \neq \mu_4$ $H_a: \mu_2 \neq \mu_5$ $H_a: \mu_3 \neq \mu_4$ $H_a: \mu_3 \neq \mu_5$ $H_a: \mu_4 \neq \mu_5$
 Tratamiento:

```
## Study: modelo ~ "trat"
## HSD Test for ruido
## Mean Square Error: 3.522201
## trat, means
## ruido std r Min Max
## 1 56.386 2.1520757 5 53.90 59.53
## 2 60.028 4.1183698 5 54.77 65.90
## 3 57.680 1.8246781 5 55.40 60.50
## 4 55.178 2.3522479 5 52.20 57.83
## 5 55.854 0.6148821 5 55.10 56.70
## 6 58.752 1.7206598 5 56.30 60.47
## 7 59.074 2.0299828 5 56.77 60.97
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 24
## Critical Value of Studentized Range: 4.541314
## Minimum Significant Difference: 3.811567
## Treatments with the same letter are not significantly different.
## ruido groups
## 2 60.028 a
## 7 59.074 ab
## 6 58.752 abc
## 3 57.680 abc
## 1 56.386 abc
## 5 55.854 bc
## 4 55.178 c
```

Tabla 17 *Prueba de Tukey*

| Tratamientos | Diferencias | MSD | Significancia |
|--------------|-------------------------|------------|---------------|
| t2-t7 | 60.028 - 59.074 = 0.954 | 3.811567 < | ns |
| t2-t6 | 60.028 - 58.752 = 1.276 | 3.811567 < | ns |
| t2-t3 | 60.028 - 57.680 = 2.384 | 3.811567 < | ns |
| t2- t1 | 60.028 - 56.386 = 3.642 | 3.811567 < | ns |
| t2-t5 | 60.028 - 55.854 = 4.174 | 3.811567 > | * |
| t2-t4 | 60.028 - 55.178 = 4.850 | 3.811567 > | * |
| t7-t6 | 59.074 - 58.752 = 0.322 | 3.811567 < | ns |
| t7-t3 | 59.074 - 57.680 = 1.394 | 3.811567 < | ns |
| t7- t1 | 59.074 - 56.386 = 2.688 | 3.811567 < | ns |
| t7-t5 | 59.074 - 55.854 = 3.22 | 3.811567 < | ns |
| t7-t4 | 59.074 - 55.178 = 3.896 | 3.811567 > | * |
| t6-t3 | 58.752 - 57.680 = 1.072 | 3.811567 < | ns |
| t6- t1 | 58.752 - 56.386 = 2.366 | 3.811567 < | ns |
| t6-t5 | 58.752 - 55.854 = 2.898 | 3.811567 < | ns |
| t6-t4 | 58.752 - 55.178 = 3.574 | 3.811567 < | ns |
| t3- t1 | 57.680 - 56.386 = 1.294 | 3.811567 < | ns |
| t3-t5 | 58.752 - 55.854 = 1.826 | 3.811567 < | ns |
| t3-t4 | 58.752 - 55.178 = 2.502 | 3.811567 < | ns |
| t1-t5 | 56.386 - 55.854 = 0.532 | 3.811567 < | ns |
| t1-t4 | 56.386 - 55.178 = 1.208 | 3.811567 < | ns |
| t5-t4 | 55.854 - 55.178 = 0.676 | 3.811567 < | Ns |

Los promedios significativos son:

Las hora 2 es significativamente diferente a la hora 5

Las hora 2 es significativamente diferente a la hora 4

Las hora 7 es significativamente diferente a la hora 4

Podremos apreciarlo con mayor claridad en los siguientes gráficos:

Bloques:

```
# Study: modelo ~ "bloque"
## HSD Test for ruido
## Mean Square Error: 3.522201
## bloque, means
## ruido std r Min Max
## 1 56.85571 2.160377 7 53.90 60.00
## 2 58.90857 3.752756 7 54.83 65.90
## 3 59.52857 1.883432 7 56.17 61.40
## 4 56.11429 2.508132 7 52.20 60.00
## 5 56.41571 1.408721 7 53.80 58.07
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 24
## Critical Value of Studentized Range: 4.166314
## Minimun Significant Difference: 2.955357
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
## ruido groups
## 3 59.52857 a
## 2 58.90857 ab
## 1 56.85571 ab
## 5 56.41571 b
## 4 56.11429 b
```

| Tratamientos | Diferencias | MSD | Sig |
|----------------|-------------------------------|----------|------|
| Mierc.-martes | 59.52857 - 58.90857 = 0.62 | 2.955357 | < Ns |
| Mierc.- lunes | 59.52857 - 56.85571 = 2.67286 | 2.955357 | < ns |
| Mierc.-vier | 59.52857 - 56.41571 = 3.11286 | 2.955357 | > * |
| Mierc.-juev | 59.52857 - 56.11429 = 3.41428 | 2.955357 | > * |
| Martes.- lunes | 58.90857 - 56.85571 = 2.05286 | 2.955357 | < Ns |
| Martes.-vier | 59.52857 - 56.41571 = 2.49286 | 2.955357 | < ns |
| Martes.-juev | 59.52857 - 56.11429 = 2.79428 | 2.955357 | < ns |
| Martes.-vier | 56.85571 - 56.41571 = 0.44 | 2.955357 | < Ns |
| Martes.-juev | 59.52857 - 56.11429 = 0.74142 | 2.955357 | < ns |
| Vier – jueves | 56.41571 - 56.11429 = 0.30142 | 2.955357 | < Ns |

Los promedios significativos son:

Existe diferencia significativa entre los días miércoles y viernes así como en los días miércoles y jueves

Gráfico de barras

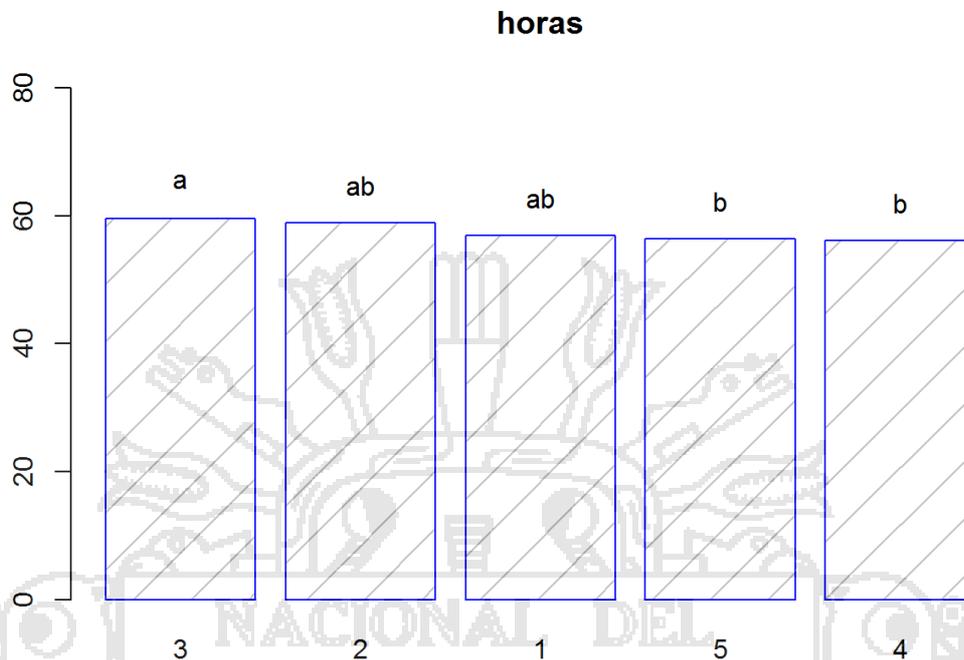


Figura 10. Comparación entre horas

Variación del error en cada solución en el retardo

Coincidimos con Belén (2012) que indica que el “Diseño Experimental” con sus rigurosas y confiables técnicas conduce y garantiza un correcto análisis Estadístico optimizando tiempo y recursos. Reis (2015) concluye que los niveles de ruido presentes en las instalaciones de UNIRV campus son preocupantes, superior a los valores recomendados por NBR 10152, así mismo, Huertas (2015) busca lograr la reflexión sobre la contaminación auditiva y buscar una importante contribución para mejorar nuestra calidad de vida. Los encontrados por los investigadores donde los niveles de ruido son menores a los permitidos excepto en un día. Moreno y Orozco (2015) obtienen registros por encima de los 60 decibeles y máximos cercanos a los 70, valores que resultaron fuera del intervalo recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Las áreas de mayor ruido fueron la Sala de lectura y el área del mostrador de Circulación. Las principales fuentes de ruido identificadas fueron los usuarios, aviones, teléfonos celulares y equipos de cómputo. Se señala como factor crítico el diseño arquitectónico del edificio, en virtud del efecto de reverberación que genera, el cual determina la pobre calidad acústica de las instalaciones.

Gonzalez y Fernandez (2014) concluye que el ruido es un contaminante ambiental que afecta la calidad de vida de las personas a nivel mundial y las personas expuestas pueden padecer múltiples afectaciones a la salud. Además, indica que la contaminación sónica afecta diferentes escenarios y uno de ellos son los centros educacionales “los estudiantes que asisten a ellos necesitan concentrarse para lograr un aprendizaje satisfactorio, por lo tanto, son más susceptibles a este factor de riesgo al igual que los docentes que allí laboran”. La principal consecuencia social del ruido es el deterioro de la audición y se está considerando una desventaja social severa. Los principales efectos a la salud provocados por el ruido pueden ser auditivos y no auditivos. Entre los primeros se encuentran el desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición. Entre los segundos dilatación de las pupilas y parpadeo acelerado, agitación respiratoria. Además, también encontramos afectaciones en la esfera psicológica



CONCLUSIONES

- Los niveles de ruido en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca están bajo los valores permitidos excepto a las 9:30 hrs que sobrepasa en 0.03 decibeles.
- La inclusión del diseño de bloques fue efectivo indicando que existe diferencia estadística significativa ($p(0.005676) < \alpha(0.05)$) en la contaminación sonora entre los días, mostrando la hora 2 más contaminación sonora que hora 5 y la hora 4, asimismo, la hora 7 es significativamente diferente a la hora 4.
- Existen diferencias significativas en el grado de contaminación sonora en las diferentes horas del día, existiendo los días miércoles más contaminación sonora que los días viernes y jueves, comportándose los demás días con igual contaminación sonora.
- El ruido causa daños en el sistema auditivo y estos son irreversibles y graves con consecuencias para salud física y mental de las personas afectadas por ellos, cabe destacar que los niveles de ruido presentes en las instalaciones de La UANCV está bajo los límites permitidos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar periódicamente el monitoreo de las medidas de contaminación sonora, para observar si hubo variaciones en las mediciones.
- Crear módulos individuales aislados para los alumnos usuarios de la biblioteca para disminuir el contacto directo de personas que ingresan a la biblioteca.
- Colocar los letreros para disminuir los niveles de contaminación sonora.
- Dar charlas de concientización para disminuir la contaminación sonora

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, F. (2009). *El medio ambiente ruidoso afecta al desarrollo del lenguaje*. América Latina en movimiento. Quito. Disponible en:
<http://www.alainet.org/active/34539&lang=es>
- Barrigon & Mellado & Gomes (2014). *Estudio del impacto de ruido ambiental en la ciudad de Badajoz*, Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones, España.
- Belen, A. (2012). *Diseño experimental para el estudio de la respuesta maíz (zea mays) A la aplicación edáfica complementaria de tipos de abono sintético a dos dosis en la comunidad peñas canton tiwintza, provincia de morona Santiago*. Chile
- Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (2013). *Ruido, Salud en la Vivienda. Red Interamericana de Centros de Salud en la Vivienda. CEPIS. La Habana:* Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsasv/e/areas/notransmi/ruido/ruido.htm>
- Castejon, O. (2011). *Diseño y análisis de experimentos con statistix*, Fondo Editorial Biblioteca Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo. 350 pp
- Cochran, W. (1990). *Diseños experimentales*. Editorial Trillas México. 480 pp
- Congreso Nacional del Medio Ambiente (2007). *Normas ambientales de ruido normas ambientales de ruido y participación ciudadana*. Chile
- COM. (2002). DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones (2008). *Libro Blanco sobre los efectos del ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía, Madrid.* Disponible en http://www.coitt.es/res/publicoitt/2008_04_09_Libro_blanco_sobre_el_ruido.pdf
- Cornell, J.A. (2010), *Experiments whit Mixtures: Desigs, Models, and the Analysis of Mixture Data*, 2da Edición, Editorial Wiley, Nueva York. 240 pp.
- Decreto Supremo N°085-2003 – PMC.(2003) Disponible en <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S.-N%C2%B0-085-2003-PCM-Reglamento-de-Est%C3%A1ndares-Nacionales-de-Calidad-Ambiental-para-Ruido.pdf>
- Escuela Colombiana de Ingeniería (2007). *Niveles de ruido*. Curso de higiene y seguridad industrial.
- Flores J. (2011). *Ministerio de Economía Industria y Competividad*.
- García, B. & Garrido F. (2003). *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Fundación La Caixa. Barcelona.
- Gutiérrez, P. (2004). *Análisis y diseño de experimentos*, 2da Edición, Editorial LIMUSA, Guadalajara MEXICO, 540 pp
- González, A. (2011). *Contaminación Sonora y Derechos Humanos*, Montevideo,
- Gomez y Gomez (1976). *Statistical procedures for agricultural research*. Editorial Wiley, Laguna, Philippines
- González y Fernández (2014). *Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares – instituto nacional de higiene epidemiologia y microbiologia (inhem)*. Habana – Cuba
- Hernández, R. et al (2014). *Metodologia de la investigación*. 6ta Edición Education Mc
- Hoffman, A. y Mendoza, M. (2007). *Como margarita flores puede cuidar su salud y ayudar a salvar el planeta*. Editorial La Puerta Abierta. Chile

- Huertas, G (2015). *Contaminación auditiva y su impacto negativo en la salud*, Universidad Nacional de Guayaquil. Guayaquil. Ecuador.
- Kuehl, R. (2008). *Diseño de experimentos*. 2da Edición, Editorial Thomson. Arizona. 666 pp
- Lawson J. (2015). *Design and Analysis of Experiments with R*. Editorial Texts in Statistical Science. Provo, Utah, USA, 618pp
- Mendiola, A. (2015). *Análisis cuantitativo de gases en la ciudad de Lima. Ecología Vol.1, No.12*. 123-134pp. Lima, Perú.
- Martínez, J. y Peters, J. (2015). *Contaminación acústica y ruido*. Edit ecologistas en acción. Madrid.
- Miyara, F. (2003). *Estrategia para extender la acción escolar al grupo familiar en educación ambiental: la contaminación acústica*. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/higiene2.htm>
- Montgomery, Douglas (2004). *Diseños y análisis de experimentos*. 6ta Edición. Editorial LIMUSA WILEY, Arizona. 680 pp
- Moreno y Orosco (2015). *Los niveles de ruido en una biblioteca universitaria, bases para su análisis y discusión*
- NORMAS ISO 60651. Recuperado de <http://www.academiatesto.com.ar/cms/clases-de-precision-segun-la-norma-iec-60651>
- Organización Mundial de Salud (1999). *Informe sobre la salud en el mundo*. <http://www.who.int/whr/1999/es/>
- Organización Mundial de Salud (2015). *Informe sobre la salud en el mundo*
- Observacion de Salud Medio Ambiente de Andalucia (2016). *Observatorio de salud y medio ambiente. Ruido y salud. Junta de andalucia*. https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824
- Quevedo, R. (2013). *El ruido, un enemigo temible*. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/rita.htm>

- Ramos, D. (2015). *Sonómetro*, recuperado de <https://es.scribd.com/document/305518266/Sonometro-pdf>
- Reys, G. (2015). *Comparación de los niveles de contaminación sonora en diferentes ambientes de la Universidad de Rio Verde*, Goiás. Brasil.
- Rios, C. (2013). *Estadística y diseño de experimentos*. Editorial Universitaria Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 201-220pp
- Sanchez, K. (2016). *El ruido*. <http://elruidokennysanchez.blogspot.pe/2016/>
- Sepulveda Ruiz, Lucía (1999). *La contaminación ambiental, antecedentes, actividades y noticias*. Editor Ministerio de Educacion, Programa de Educacion Ambiental, Santiago Chile.
- Taguchi, G. and Phadke, M. S. (1985). *Quality engineering through design optimization*. The International Quality Forum, 11, 27-48pp.
- Who (1999). *Informe sobre la salud en el mundo 1999 - Cambiar la situación*. disponible en <http://www.who.int/whr/1999/es/>
- Zalazar, J. (2015). *La contaminación como uno de los determinante de la migración. Evidencia para Mexico*. Scielo, vol 21 nro.1
- Zavelski, F. (1990). *Tiempo y su Medicion*. Moscu, Rusia.

ANEXOS



Anexo 1. SCRIPT en R

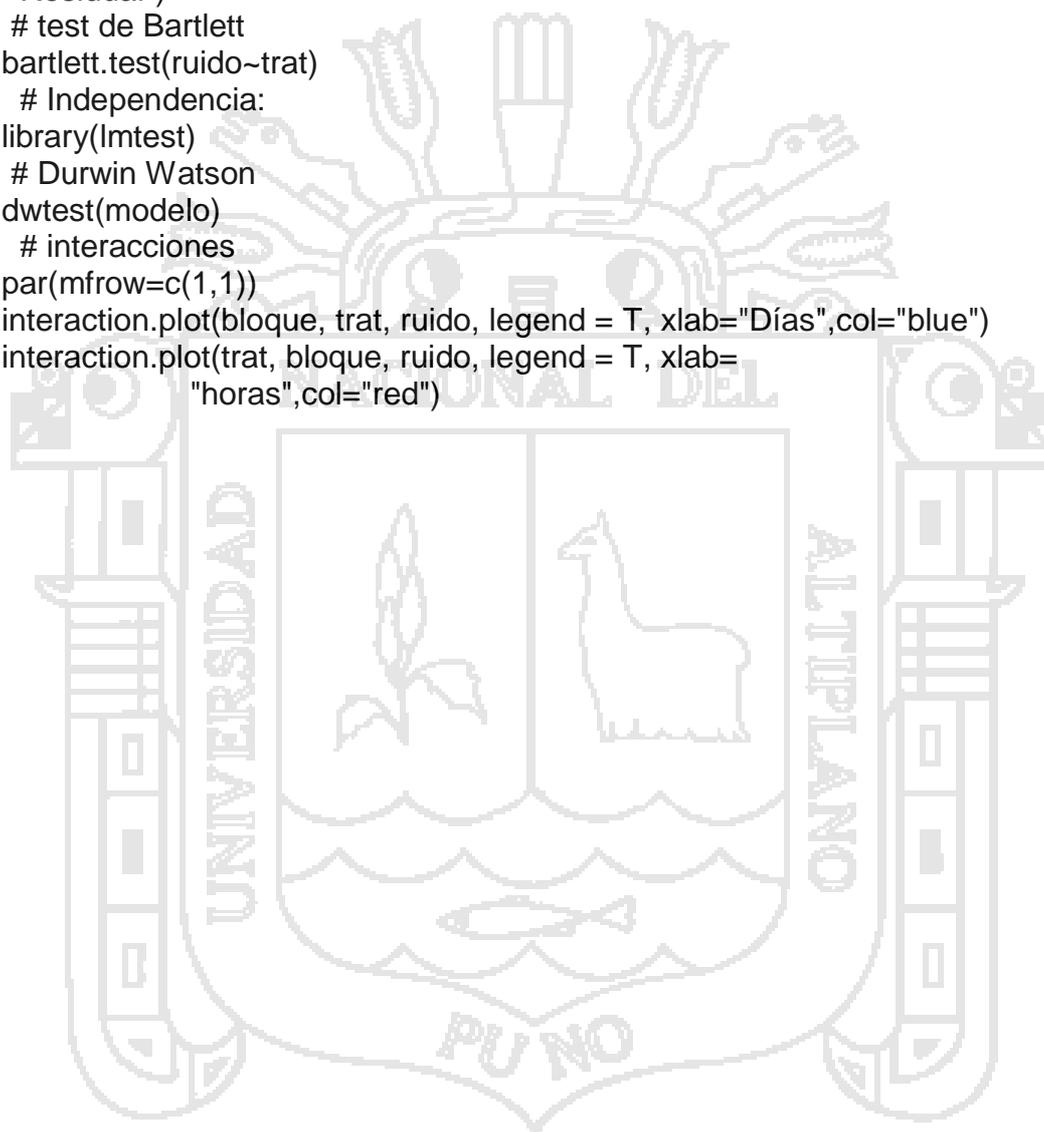
```

# Asignando los datos a R
ruido <-c(53.90, 56.30, 59.53, 55.03, 57.17,
          54.77, 65.90, 61.40, 60.00, 58.07,
          57.67, 57.53, 60.50, 55.40, 57.30,
          57.23, 54.83, 57.83, 52.20, 53.80,
          55.80, 56.70, 56.17, 55.10, 55.50,
          58.62, 60.47, 60.30, 58.07, 56.30,
          60.00, 60.63, 60.97, 57.00, 56.77)
trat<-gl(7,5)

trat
bloque<-factor(rep(1:5,7))
bloque
xtabs(ruido~bloque + trat)
# Generando resumen de los datos en tratamiento y bloques
tapply(ruido, trat, summary)
tapply(ruido, bloque, summary)
# Modelo lineal y la tabla del análisis de la varianza
library(agricolae)
modelo <- lm(ruido~bloque+trat)
anova(modelo)
# comportamiento de los promedios
par(mfrow=c(1,2))
boxplot(ruido~trat,col="yellow",xlab="Horas")
boxplot(ruido~bloque,col="blue",xlab="Dias")
# comparaciones multiples LSD entre horas
cmLSD<-LSD.test(modelo, "trat", console = T)
# comparaciones multiples LSD entre bloques
cmLSD<-LSD.test(modelo, "bloque", console = T)
# comparaciones multiples tukey entre soluciones
cmT <- HSD.test(modelo, "trat", console=TRUE)
# comparaciones multiples tukey entre bloques
cmT <- HSD.test(modelo, "bloque", console=TRUE)
# grafico de barras
par(mfrow=c(1,1))
bar.group(cmT$groups,ylim=c(0,80),density=4,border="blue")
title(main = "horas")
# Variación del error en cada solución en el retardo
graf<-bar.err(cmT$means,variation="range",ylim=c(30,80),
             bar=FALSE,col=0,las=1)
points(graf$index,graf$means,pch=18,cex=1.5,col="blue")
axis(1,graf$index,labels=FALSE)
title(main = "Promedio y Rango - dias")
# verificacion de supuestos
# normalidad
par(mfrow=c(1,2))
hist(modelo$residuals,col="yellow")
qqnorm(modelo$residuals,col="red")
qqline(modelo$residuals,col="blue")
# Test de normalidad de Shapiro

```

```
shapiro.test(modelo$residuals)
# Test de homogeneidad de varianzas
par(mfrow=c(1,2))
plot(modelo$fitted.values,modelo$residuals,main="Estimado vs
  Residual",col="red")
abline(h=0,lty=2,col="blue")
# Convierte de class a numeric
Tratamiento<-unclass(trat)
plot(modelo$residuals~Tratamiento,main="Tratamiento vs
  Residual")
# test de Bartlett
bartlett.test(ruido~trat)
# Independencia:
library(lmtest)
# Durwin Watson
dwtest(modelo)
# interacciones
par(mfrow=c(1,1))
interaction.plot(bloque, trat, ruido, legend = T, xlab="Días",col="blue")
interaction.plot(trat, bloque, ruido, legend = T, xlab=
  "horas",col="red")
```



Anexo 2. Evidencia fotográfica



Figura 11. Lugar de trabajo - Biblioteca de Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras UANCV



Figura 12. Lugar de trabajo – Toma de datos



Figura 13. Lugar de Trabajo - Entrada de la Biblioteca Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV



Figura 14. Lugar de Trabajo - Frontis de la Biblioteca Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de UANCV

Anexo 3. Lista de contaminación sonora

| | día | Lunes | Martes | miércoles | Jueves | Viernes |
|---|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | fecha | 17/09/2017 | 18/09/2017 | 19/09/2017 | 20/09/2017 | 21/09/2017 |
| 1 | 09:00 | 53.90 | 56.30 | 59.53 | 55.03 | 57.17 |
| 2 | 09:30 | 54.77 | 65.90 | 61.40 | 60.00 | 58.07 |
| 3 | 10:00 | 57.67 | 57.53 | 60.50 | 55.40 | 57.30 |
| 4 | 10:30 | 57.23 | 54.83 | 57.83 | 52.20 | 53.80 |
| 5 | 11:00 | 55.80 | 56.70 | 56.17 | 55.10 | 55.50 |
| 6 | 11:30 | 58.62 | 60.47 | 60.30 | 58.07 | 56.30 |
| 7 | 12:00 | 60.00 | 60.63 | 60.97 | 57.00 | 56.77 |

Lista recolección de datos de la investigación

