

RUIDO A LA HORA DEL ALMUERZO

ANDRÉS FELIPE CABRERA ANGULO CC. 1039472348

JEFFERSON GAMBOA BETANCUR CC. 1036654273

CAMILA OSPINA PATIÑO CC. 1017246735

OLIVER ORLEY RODRÍGUEZ BERROCAL CC. 1037637276

YOSEL DEL VALLE PULGARIN CC. 1128405214

CRISTIAN DAVID SANTA ESCOBAR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTADÍSTICA

MEDELLÍN

2017

MARCO TEÓRICO	3
EL EFECTO LOMBARD.....	4
ESTÁNDARES INTERNACIONALES SOBRE EL RUIDO.....	5
REGULACIÓN COLOMBIANA SOBRE EL RUIDO.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
JUSTIFICACIONES	9
METODOLOGÍA	10
PROTOCOLO	12
JUSTIFICACIÓN TEÓRICA DEL PUNTO MEDIO.....	13
ANÁLISIS DE RESULTADOS	14
COMPARACIÓN GRAFICA DE CUANTILES.	14
COMPARACIÓN DE MEDIAS POR DÍAS	16
ANÁLISIS DE GRAFICA DENSIDADES POR PISO	17
COMPARACIÓN GRAFICAS DE MEDIAS EN PISO Y LUGAR	18
COMPARACIÓN GRAFICA DE MEDIA POR SEMANA	18
GRAFICAS COMPARACIÓN DE MEDIAS.....	19
CONCLUSIONES	27
RECOMENDACIONES.....	28

Marco Teórico

Según la física, se define como sonido a la vibración (o presión) que típicamente se propaga como una onda mecánica a través de un medio, sea gaseoso, líquido o sólido.

Para el ser humano los sonidos son percibidos a través del aparato auditivo que recibe las ondas sonoras, que son convertidas en movimientos de los osteocillos óticos y percibidas en el oído interno que a su vez las transmite mediante el sistema nervioso al cerebro. Esta habilidad se tiene incluso antes de nacer.

La capacidad auditiva del ser humano es amplia, pero con un frágil medio de recepción. La especie es capaz de captar de 20 Hertz a 20.000 Hertz (20 KHz) y puede escuchar a partir de los 0 dB hasta niveles tan altos como los 120 dB, valor para el que el oído humano ya empezara a experimentar danos. Así, los sonidos intensos y estridentes que superen los 90 y 110 dB por arriba del umbral auditivo (nivel de percepción de cada persona) durante un periodo prolongado propiciara daño acústico sobre el individuo.

Por otra parte, se considera ruido a toda sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable. En realidad, la distinción entre ruido y sonido es subjetiva, y va orientada a los gustos particulares del individuo. Algunos consideraran la música electrónica como desagradable mientras otros dedican su vida a crearla y recrear masas.

Cuando se hace referencia al ruido como sinónimo de contaminación acústica, se está haciendo referencia a sonidos con niveles de intensidad altos (o en su defecto a la suma de intensidades), que puede resultar incluso perjudicial para la salud humana. Dada la propiedad física de no polarización de ondas sonoras, la única forma de prevenir afectación sobre los seres humanos de fuentes contaminantes de sonido, es la utilización de elementos flexibles dentro del conducto auditivo. Audífonos, tapones, orejeras son lo más comúnmente utilizado para prevención a

exposición de niveles altos de sonido, pero estas aplicaciones son mayormente utilizadas a nivel industrial y laboral. En muchas situaciones el ser humano está expuesto a ruido durante actividades cotidianas sin estar consciente de ello. Alto tráfico, eventos, espacios concurridos pueden llegar a niveles de emisión sonora considerablemente elevados y que en el largo plazo pueden tener efectos negativos para la salud en el corto o largo plazo.

Estudios realizados¹ demuestran que la exposición prolongada no continua a altos niveles de presión sonora, puede generar afectaciones directas sobre el oído, así como problemas más indirectos como incremento en los niveles de stress, problemas psicológicos y modificaciones en el estado anímico de los individuos.

El Efecto Lombard

El efecto Lombard es una respuesta involuntaria del ser humano a la presencia de sonido ambiental o sonido exterior. Consiste en la modificación de características del habla humana, como la vocalización, tono e inclusive velocidad, al percibir sonido exterior que para el comunicador pueda aparentemente afectar la capacidad de escucha de los receptores en una conversación². Se dice efecto y no reflejo dado que no es una respuesta mecánica o muscular ante un estímulo. Por el contrario, es una respuesta dada por el cerebro ante una modificación en la percepción del entorno. En realidad, el oído humano no es capaz de percibir con precisión los cambios en los niveles de sonido, razón por la que esta situación no se considera un reflejo físico, más un efecto que tiene consecuencias directas sobre el habla.

¹ [1] *G. Prendergast, R. Millman, H. Guest, Kevin J. Munro, K. Kluk, R. Dewey, D. Hall, M. Heinz, C. Plack.* Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms II: Behavioral measures

² [2] *M. Garnier, N. Henrich.* Speaking in noise: How does the Lombard effect improve acoustic contrasts between speech and ambient noise.

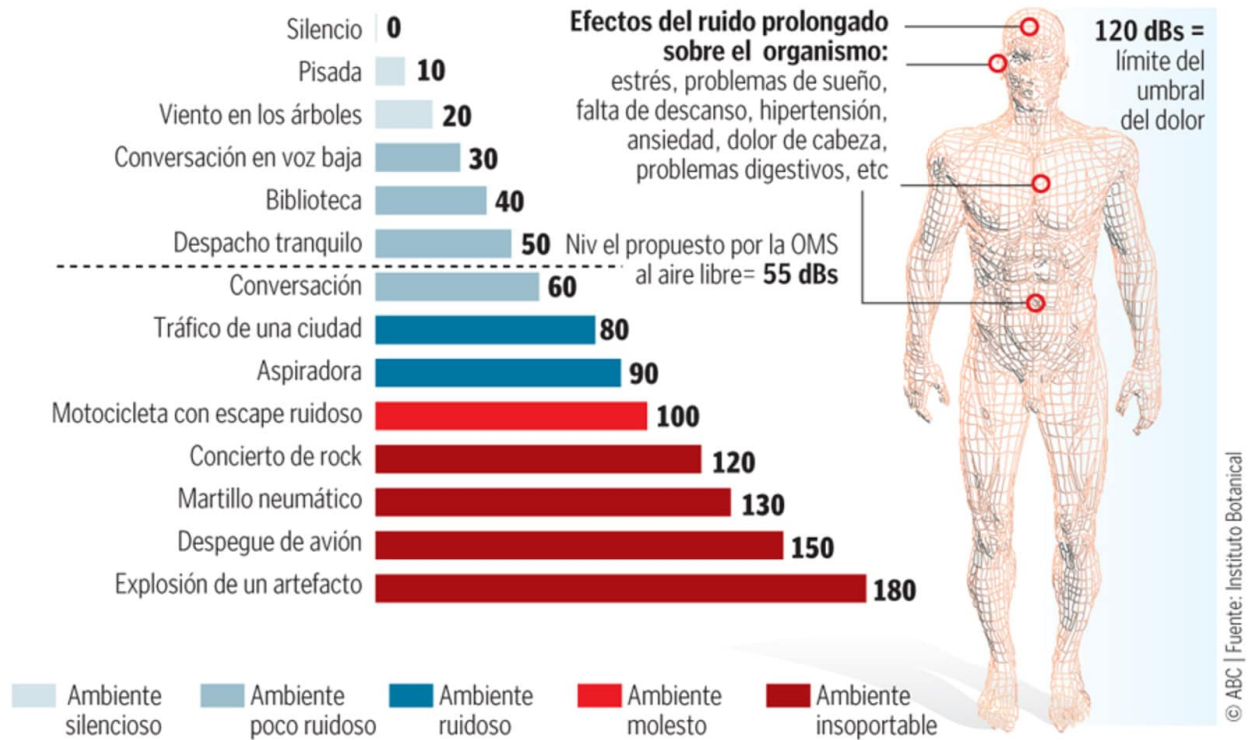
Entre otras cosas, este fenómeno es una de las razones para la elevación de los niveles de ruido en establecimientos públicos, o zonas concurridas.

Estándares Internacionales Sobre el Ruido

Según la Organización Mundial de la Salud, el ser humano está expuesto diariamente a altos niveles de contaminación auditiva, razón por la cual, se considera que al menos 1100 Millones de personas corren riesgo de sufrir pérdida de audición. Por ello esta organización ha establecido como estándar, que cualquier individuo debe estar expuesto como máximo 8hrs al día a un nivel límite de 85 dB. Dentro de las recomendaciones comunicadas por la OMS, se establece la escala de sonido en promedio por entorno o fuente, y en que niveles empieza a ser perjudicial para la salud. La figura sobre salud y niveles de ruido ilustra lo anteriormente mencionado.

SALUD Y NIVELES DE RUIDO

En decibelios (dBs)



Regulación Colombiana Sobre el Ruido

La medición del sonido en zonas públicas y la relación que existe entre el ruido y posibles enfermedades (físicas o psicológicas) ha sido campo de estudio reciente en algunas de las ramas de la medicina, ingeniería e investigación, lo que ha llevado a que los organismos inicien la implementación de legislaciones sobre emisiones de sonido y contaminación auditiva.

A partir de la Resolución 8321, en Colombia se empezó a percibir la problemática del ruido desde el punto de vista normativo y esta resolución estuvo a cargo de ser emitida por el Ministerio de Salud. Por medio del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se promulgó la Resolución 0627 del 2006 (Colombia, 2006), la cual estipula la norma nacional de emisión de

ruido y ruido ambiental. De acuerdo con esta legislación los niveles de ruido permitidos por zonas son:

Zona	Niveles de ruido permitido	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
Residencial	65	45
Comercial	70	60
Industrial	75	75

En caso de ser ruido continuo o intermitente:

Horas de Exposición	Nivel de Presión Sonora dB(A)
De 7 a 8 Horas	90
De 4 Horas 30 minutos a 6 Horas	92
De 3 Horas 30 minutos a 4 Horas	95
3 Horas	97
2 Horas	100
1 Hora con 30 minutos	102
1 Hora	105
30 Minutos	110
15 Minutos o menos	115

Planteamiento del Problema

En la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, existen muchos espacios creados con el fin de que los estudiantes puedan tener diferentes opciones para sus diferentes actividades. Espacios como lugares para almorzar, para estudiar, para eventos, dispersión, para deportes por menciona algunos, son comúnmente frecuentados por los estudiantes no para un fin específico. Es común ver como en algunos de estos espacios estudiantes reunirse para discusión de resultados de pruebas, o para discutir la próxima entrega de algún trabajo de las asignaturas del semestre. Por esta razón, muchos de estos lugares multidisciplinarios atraen grandes cantidades de personas, y con ellos, crecientes niveles de ruido.

En particular, el nuevo edificio de la cafetería central, no solo fue ampliado para albergar mayor cantidad de estudiantes, sino que también para ampliar la oferta de elementos de consumo como almuerzos, víveres y snacks. Adicionalmente el mismo espacio, segmentado en tres niveles, también se creó como espacio para albergar eventos de tipo recreativo. Lo que aparentemente parece ser ignorado, es el hecho que todos estos beneficios, generan un costo: **Contaminación auditiva.**

Como se mencionó anteriormente, el ruido o contaminación auditiva puede generar efectos negativos sobre la salud, así como también puede ser el causante para el rechazo de algunos estudiantes para utilizar este recinto como lugar de estudio. Es evidente que en existen ciertos intervalos de tiempo, en que la cafetería central puede ser foco de emisiones de altos niveles de ruido. Por esta razón se ha decidido realizar una evaluación de los niveles de ruido percibido en esta locación. Adicionalmente se piensa utilizar los resultados obtenidos y contrastarlos contra la normativa colombiana para conocer así el cumplimiento de la norma en este lugar.

Justificaciones

Realizamos el experimento para conocer el grado de contaminación auditiva o ruido, ya que es de interés conocer información útil y generalizada que nos permita estar al tanto de los niveles de ruido que puedan estar ocurriendo a una determinada hora y en un determinado lugar, con el fin de hallar un ambiente más tranquilo para almorzar, o de la misma forma conocer lugar donde no sería agradable hacerlo.

Se eligió, de todos los posibles lugares para almorzar, tanto dentro como fuera de la universidad, elegimos hacerlo dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional sede Medellín Núcleo el Volador, específicamente en el Edificio Ágora, pues esta llegará a ser una información útil para toda la comunidad universitaria implicada.



De las posibilidades iniciales de los dispositivos electrónicos para estudiar la cantidad de ruido a la hora del almuerzo, se seleccionó el sonómetro por ser una herramienta diseñada para trabajos en relación con el sonido, experimentos, investigaciones etc. Que ofrece información precisa y puntual de

los niveles de ruido, teniendo en sí mismo la capacidad de arrojar resultados que simulen un oído humano y de esta forma poder ofrecer resultados más sólidos en cuanto a veracidad se refiere.

Metodología

Para realizar las mediciones sobre niveles de ruido en lugares abiertos, se escogió como instrumento de recolección de datos el sonómetro.

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

Los sonómetros se suelen utilizar para medir la contaminación acústica, es decir la cantidad de ruido que hay en un lugar o que se desprende de la realización de una determinada actividad.

Para determinar en qué medida afecta el ruido a la salud auditiva, el equipo trabaja utilizando una escala de ponderación A, que deja pasar sólo las frecuencias a las que el oído humano es más sensible, respondiendo al sonido de forma parecida al que lo hace éste.

Los sonómetros nos pueden ayudar a conocer el ruido al que estamos expuestos y saber si está dentro de los límites permitidos.

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.



En nuestra medición utilizamos los siguientes parámetros en el sonómetro:

- Curva A (dB_A). Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano, aunque los estudios de psicoacústica modernos cuestionan esta afirmación. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma. Por ello, es la curva que se utiliza a la hora de legislar.
- Tiempo de respuesta: F (fast), esta es para capturar picos de ruido y ruidos que ocurren rápidamente.
- Escala de medición: 60 - 90 dB.
- Registro de máximos y mínimos: para esto usamos la función REC, durante intervalos de 5 minutos con los parámetros anteriormente mencionados.

Protocolo

Para la recolección de información, aparte de la escogencia del sonómetro, estableció un procedimiento que permita la captura y finalmente que permita mitigar posibles errores.

Lo primero, es definir en qué intervalos de tiempo se realizaría la toma de datos. Dada la oferta alimenticia y distribución de la cafetería central, es de esperarse que durante el horario del almuerzo muchos estudiantes y profesores se dirijan a este sitio. Por esta razón, se escogió como horario de recolección de datos de 12 p.m. a 2 p.m. Adicionalmente para tener una muestra significativa se decidió realizar mediciones de martes a viernes en el horario ya mencionado.

Así mismo, para poder tener un panorama más completo del nivel de emisiones a través de toda la edificación se decidió realizar medidas en diferentes lugares dentro de la cafetería. 2 zonas en el segundo piso y 3 zonas en el primero. Dado que la franja de recolección se tomó por dos horas, las mediciones se hicieron en el mismo lugar a la misma hora en cada día.

Finalmente, para poder controlar y analizar el conjunto de datos obtenidos, se llevó una bitácora por día, donde se registraba cada medición y cualquier tipo de observación particular de cada evento.

Los procedimientos realizados con el sonómetro para la toma de datos fueron los siguientes:

1. Uso de baterías nuevas, con el propósito de mitigar las posibles fallas a la hora de tomar datos.
2. Se apagaba el sonómetro después de una medición, y se encendía nuevamente antes de la siguiente, esto con el fin de que el sonómetro se afiance, ya que éste necesita de un tiempo para estabilizarse.

3. El desplazamiento para cada uno de los lugares seleccionados fue de 3 min, lo cual fue un tiempo prudencial ya que otorgaba el tiempo ideal para llegar al siguiente lugar seleccionado, y suficiente para la estabilización del sonómetro.
4. El tiempo designado para la grabación de ruido fue de 5 minutos por cada lugar.
5. Se tenía un celular como apoyo, cronometrando en armonía con la hora actualizada, para confirmar con certeza los momentos de inicio y finalización de nuestra grabación, asimismo de controlar el tiempo de nuestro desplazamiento.

Justificación teórica del punto medio

The midrange is defined as $M = (X_1 + X_2) / 2$. If the sample values X_1 and X_2 are from the standard normal population, it is possible to express the density function of the midrange in terms of multivariate normal probabilities for even values of n .³

³ [3] *G.M. Jones, C.H. Kapadia, D.B. Owen, R.P. Bland. Southern Methodist University. On the distributions of the quasi-range and midrange for samples from a normal population.*

© Springer-Verlag 1973

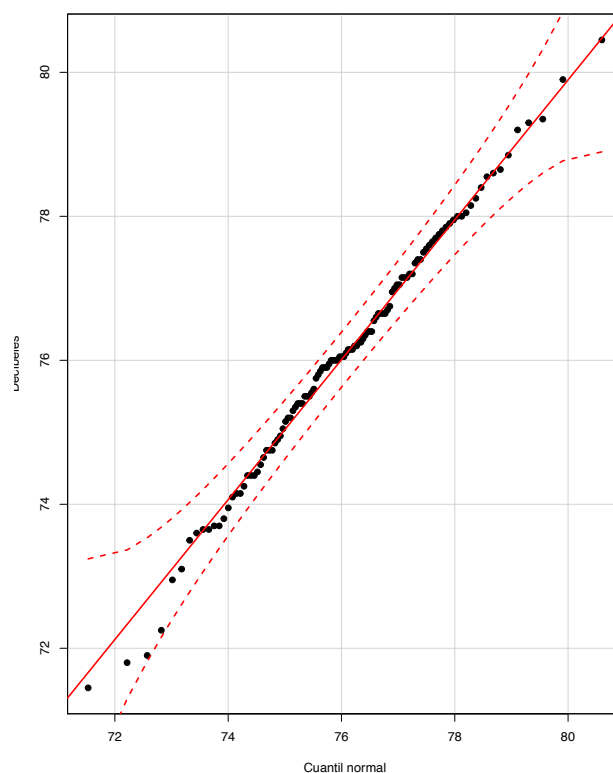
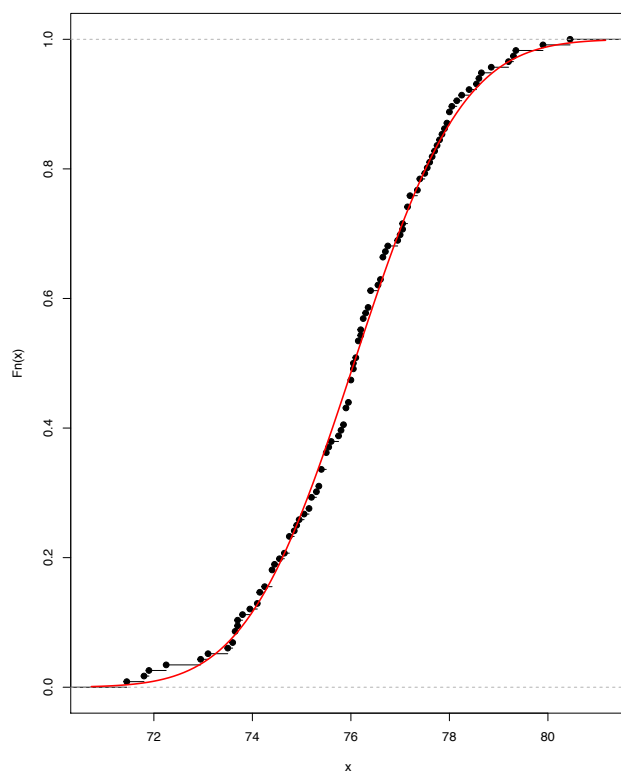
Análisis de resultados

Después de finalizada la recolección de datos, continuamos con el análisis de la información recolectada, para suplir nuestro objetivo, se debería realizar varias pruebas con relación a las distribuciones de probabilidad observadas durante la asignatura, todo fue sustentado mediante pruebas y observaciones graficas que nos brinda el programa R.

El primer inconveniente encontrado fueron cuatro datos de un nivel alto de irregularidad, que hacía que los test de distribución de probabilidad fallaran debido a que presentaban características muy atípicas. Pero se logró depurar aquellos datos con el debido argumento de que eran unas situaciones espontaneas que generaron increíbles picos de sonido.

Comparación grafica de cuantiles.

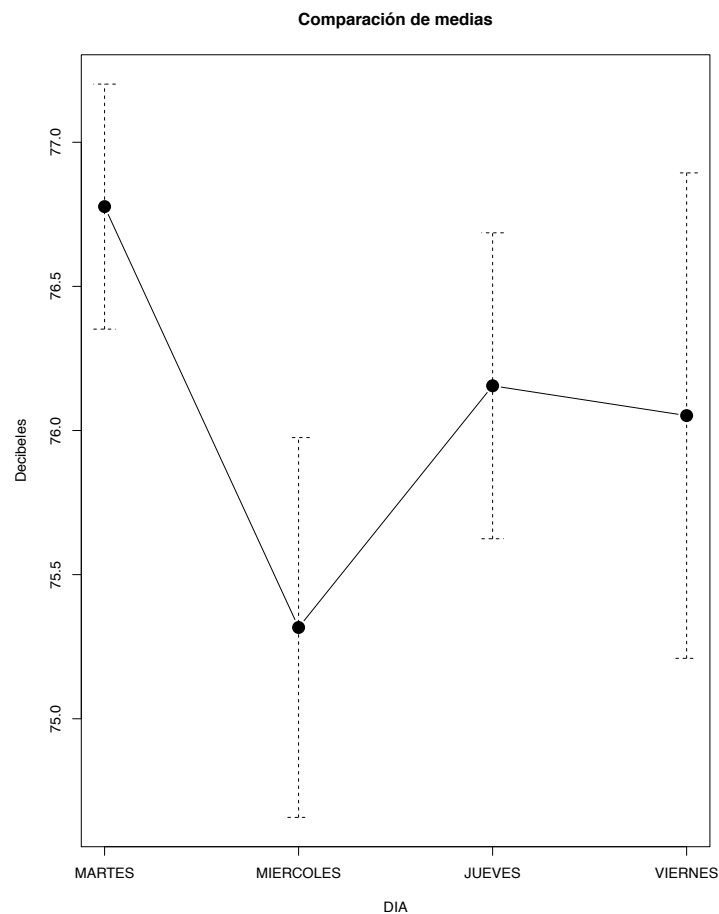
En la siguiente gráfica podemos observar como la distribución del punto medio del máximo y el mínimo se logra aproximar perfectamente a una distribución normal. Lo que quiere decir que cuanto más se asemejen los datos a una normal, más alineados están los puntos entorno a una recta. Esto se pudo hacer gracias a la justificación teórica de los estadísticos de orden que se sacó de “On the distributions of the quasi-range and midrange for samples from a normal population”



	Test de Normalidad					
	Shapiro-Wilk		Lilliefors		Anderson-Darling	
	Valor P	Estadístico de Prueba	Valor P	Estadístico de Prueba	Valor P	Estadístico de Prueba
Toda la Muestra (Mean dB)	0.8753	0.99361	0.4552	0.057488	0.8165	0.22528
PISO 1	0.8939	0.99085	0.5566	0.069239	0.8241	0.22162
PISO 2	0.6108	0.98012	0.916	0.063271	0.7865	0.23282
Martes	0.7113	0.97474	0.2124	0.13507	0.4616	0.34438
Miércoles	0.6963	0.97546	0.7355	0.092634	0.7066	0.25445
Jueves	0.8828	0.98187	0.8893	0.081769	0.9167	0.17474
Viernes	0.9157	0.98344	0.7568	0.092663	0.8676	0.20157
Lu 1	0.6907	0.97007	0.6075	0.11432	0.7629	0.23567
Lu 2	0.9376	0.98202	0.7938	0.10027	0.9015	0.18197
Lu 3	0.7305	0.97257	0.954	0.080506	0.8517	0.20653
Lu 4	0.2839	0.94936	0.6487	0.11135	0.3683	0.38293
Lu 5	0.6089	0.96663	0.5677	0.1172	0.44	0.35073
Semana 1	0.8679	0.98844	0.9014	0.058715	0.8754	0.20112
Semana 2	0.3647	0.9784	0.04393	0.11583	0.1303	0.57406

Comparación de medias por días

Esta grafica nos muestra como entre el martes y el miércoles no se puede decir mucho, por otro lado, entre los miércoles, jueves y viernes si hay diferencias significativas como se puede observar en la gráfica. También podemos notar como los martes es el día en el que se presentan los niveles más altos de ruido en centras, mientras que los miércoles se podría considerar como el día más tranquilo para almorzar durante la semana en central. Cabe destacar que los viernes y jueves tiene valores muy parecidos, sin embargo, el viernes logra tener mayor variedad en los valores obtenidos durante la toma de muestras.

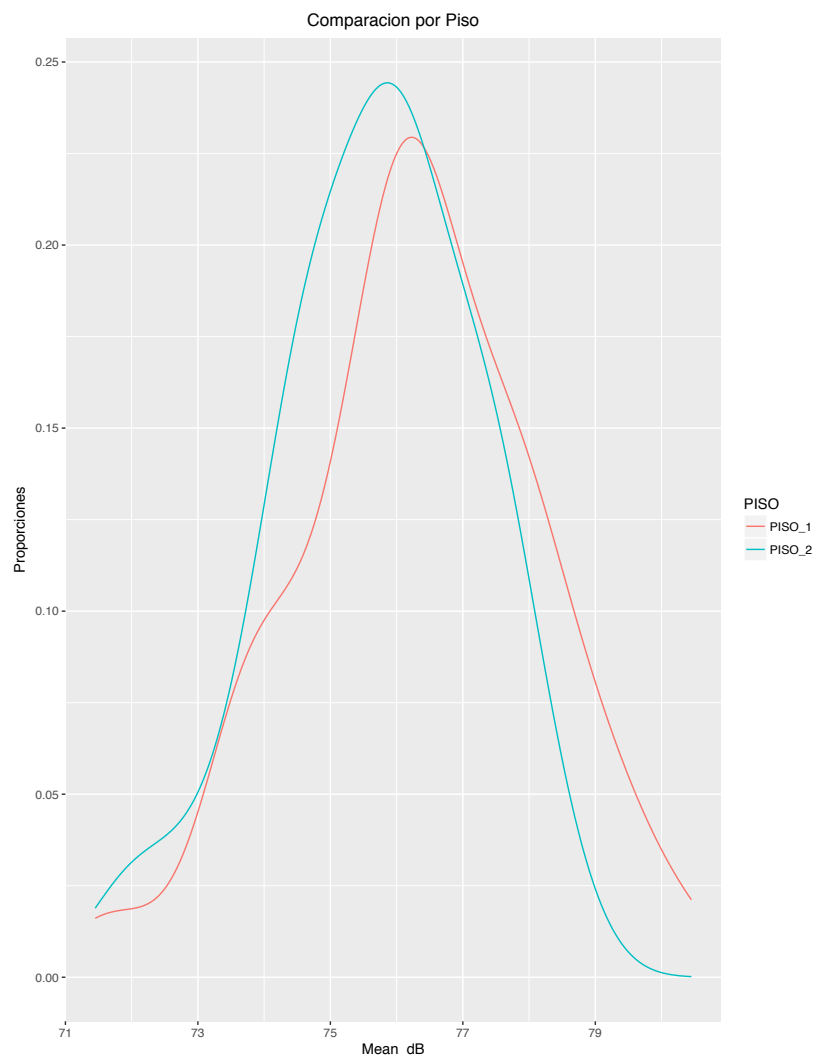


Análisis de grafica densidades por piso

Analizando la anterior grafica de densidades del promedio de máx./min en cada piso, podemos identificar que en el Piso 2 se presenta mayor ruido que en el Piso 1, y lo que esto nos representa es que en el piso 2 hay un mayor nivel de contaminación auditiva y aunque según la reglamentación en Colombia que nos dictamina la siguiente ecuación:

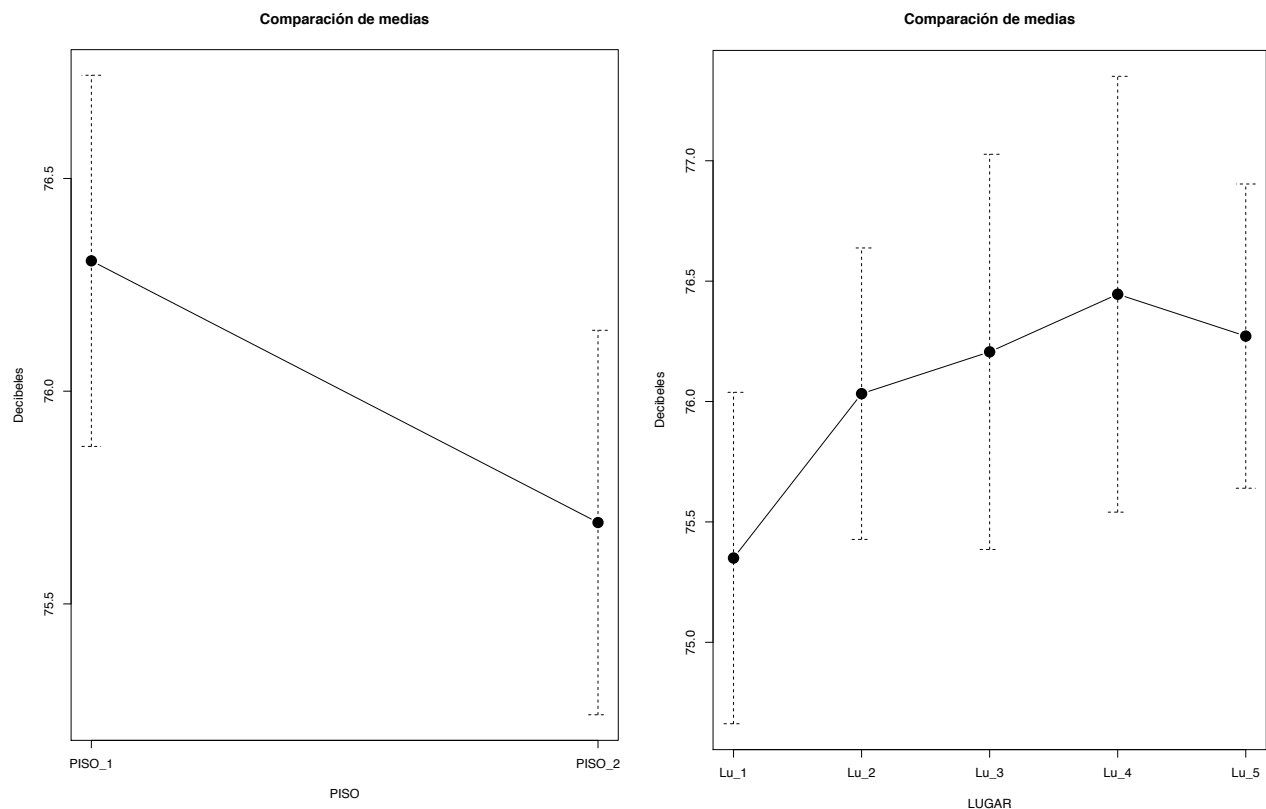
$$5 * \text{Log}_2 (8/2) + 85 = 95\text{dB}$$

Según lo anterior los niveles presentados en los resultados no llegan a representar ningún daño permanente para los usuarios de central. Sin embargo, cabe resaltar que teniendo en cuenta la tase de cambio como 5 los niveles son bastante altos.



Comparación graficas de medias en piso y lugar

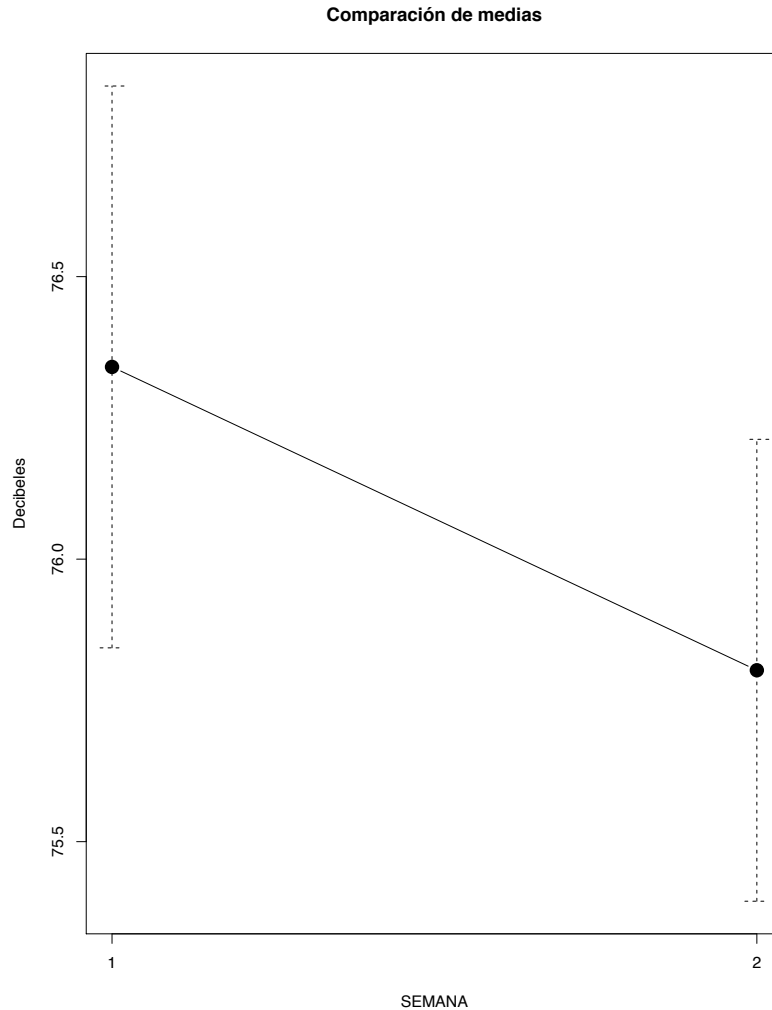
Para culminar la etapa descriptiva del análisis, se realiza una comparación categoría de la clasificación planteada para el lugar y los días, con la ayuda de la gráfica de comparación de medias y dos graficas lineales que nos demuestran que la posición en el lugar del experimento no afecta tanto a comparación del día, por lo que le da mayor importancia a la segunda variable.



Comparación grafica de media por semana

Con respecto a la clasificación patentada por el grupo de trabajo, denominada semana, presento características de gran similitud entre sus categorías, usando la gráfica de comparación de medias sustentamos que la diferencia entre estas categorías no presenta factores de gran importancia por

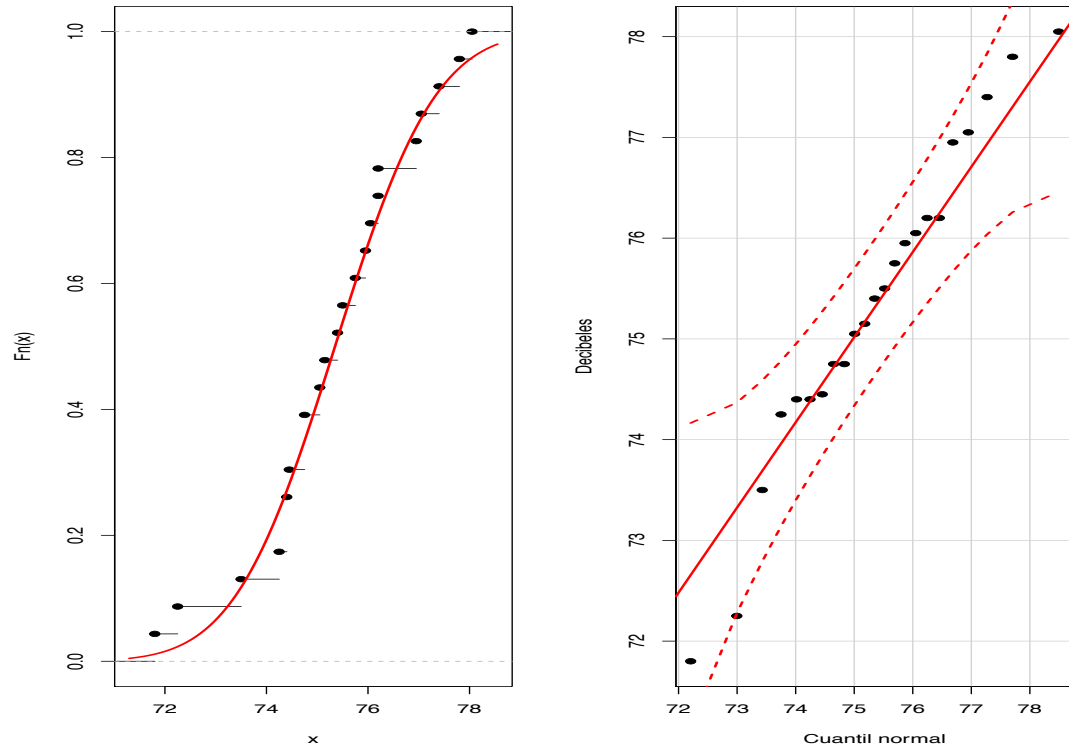
lo que administrar la información distribuida por semanas no lograría un aporte importante a los planteamientos y los objetivos que se desean satisfacer.



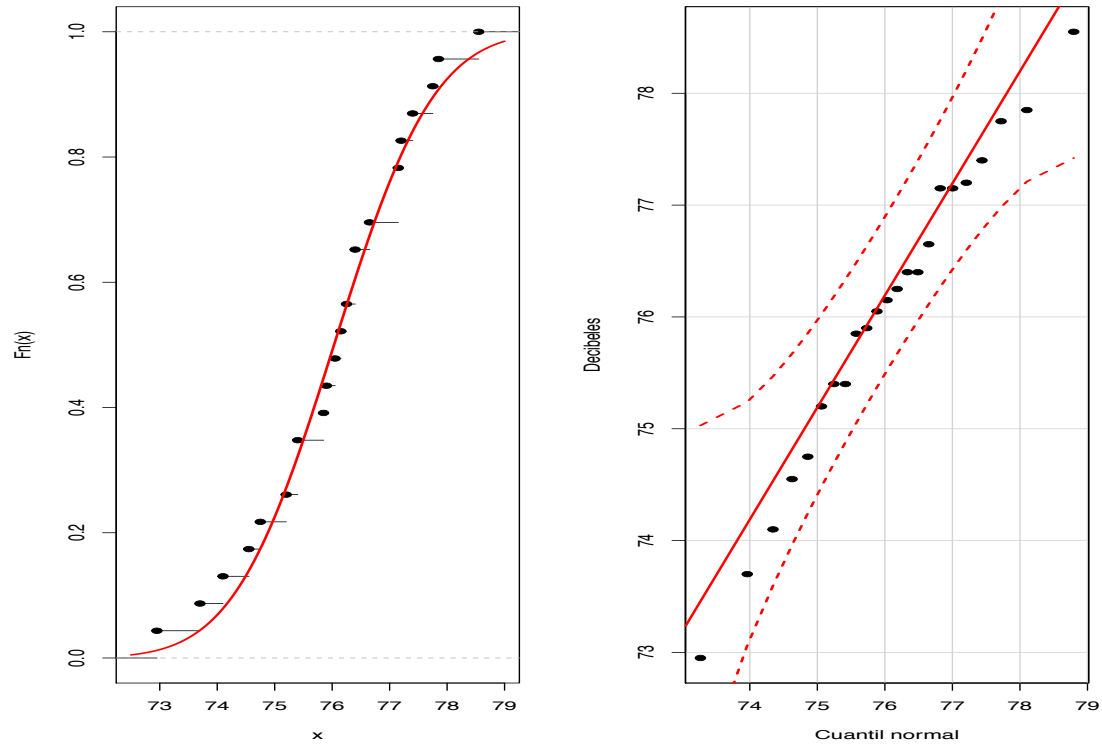
Graficas comparación de medias

En las siguientes gráficas, podemos ver como su comportamiento sigue la misma línea de distribución normal que presenta el punto medio.

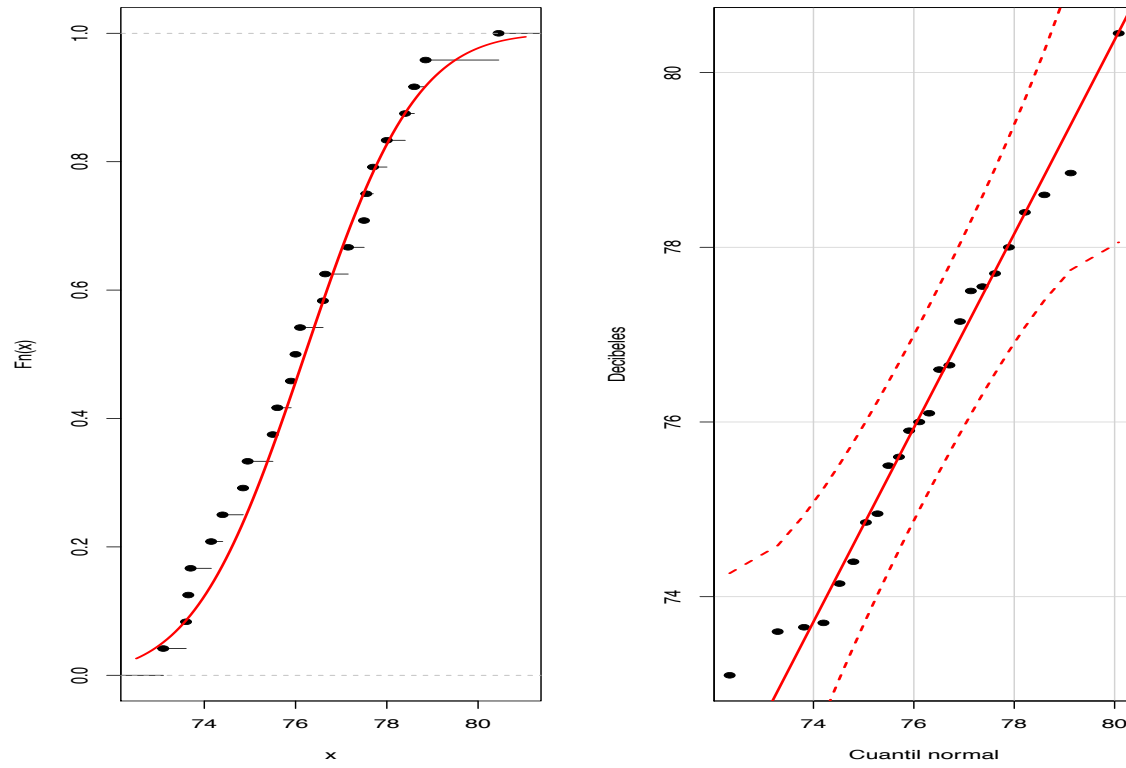
Comparación de Cuantiles por Lugar 1



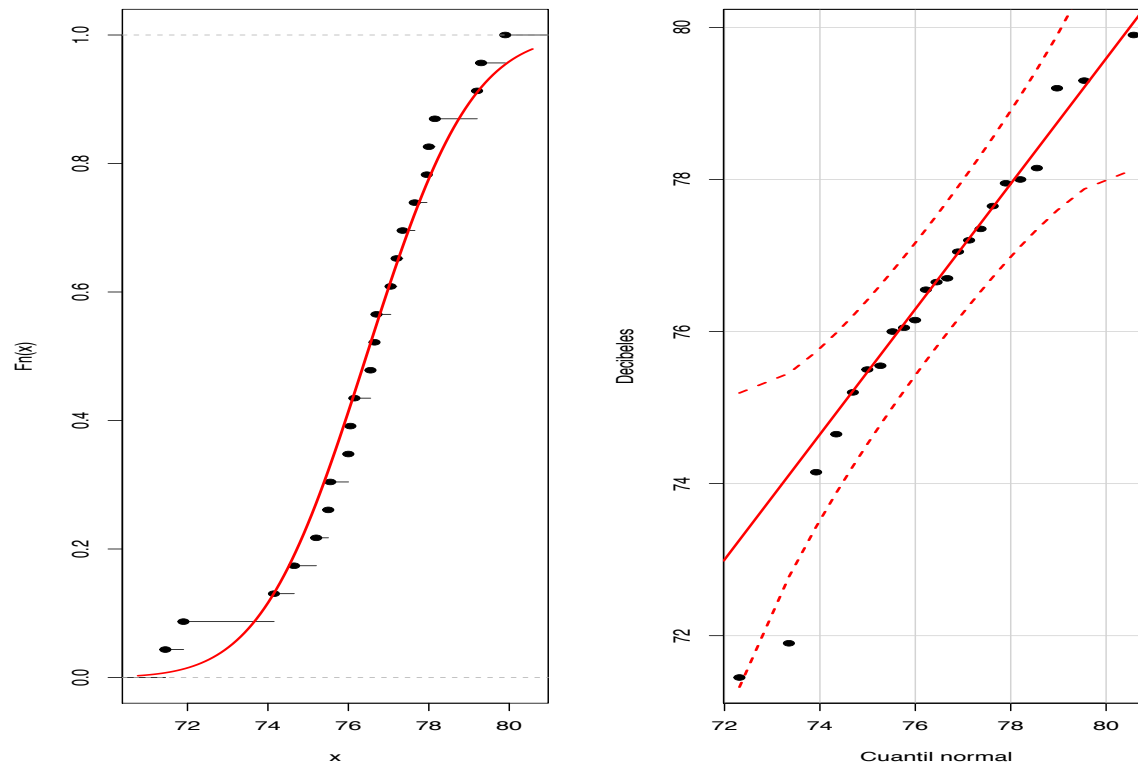
Comparación de Cuantiles por Lugar 2



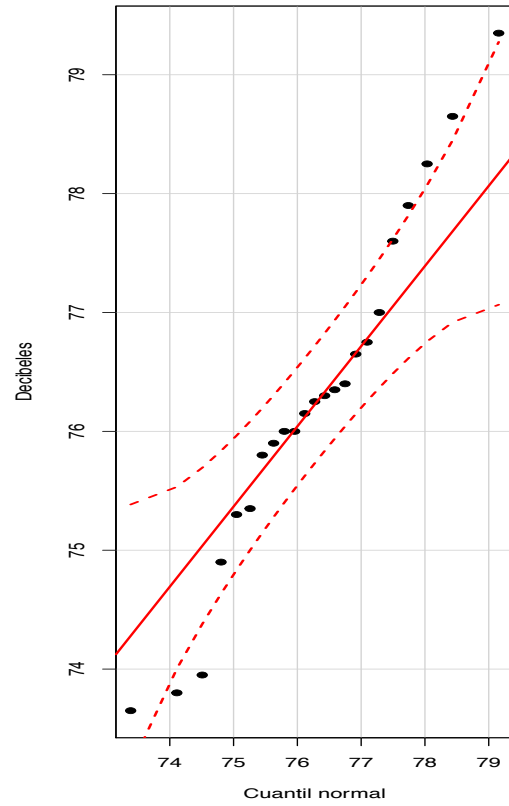
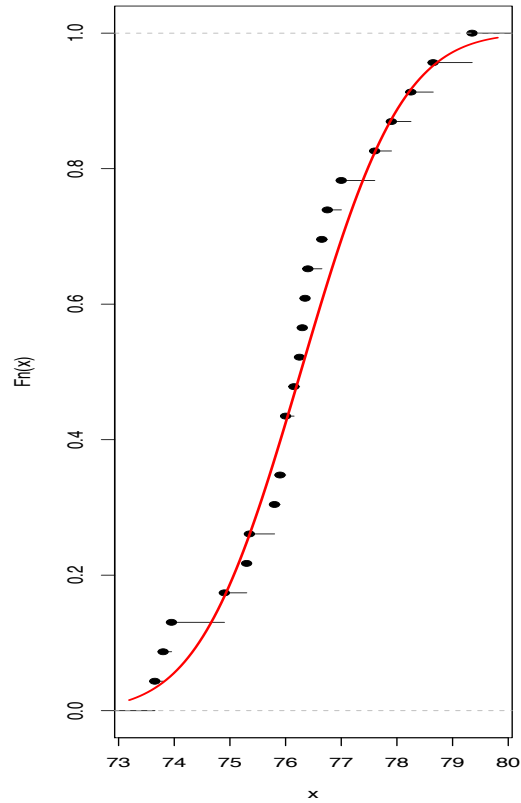
Comparación de Cuantiles por Lugar 3



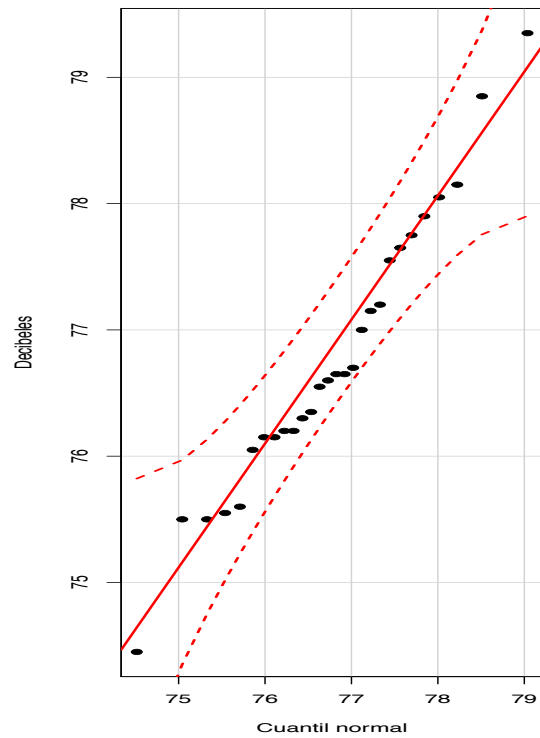
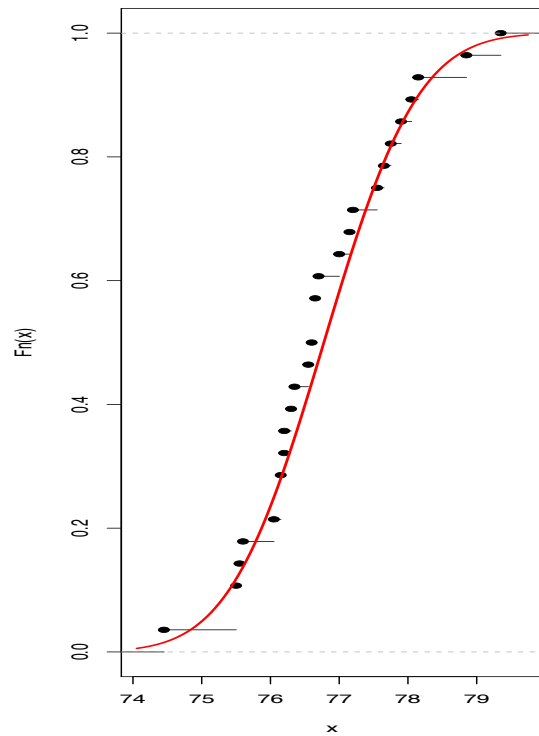
Comparación de Cuantiles por Lugar 4



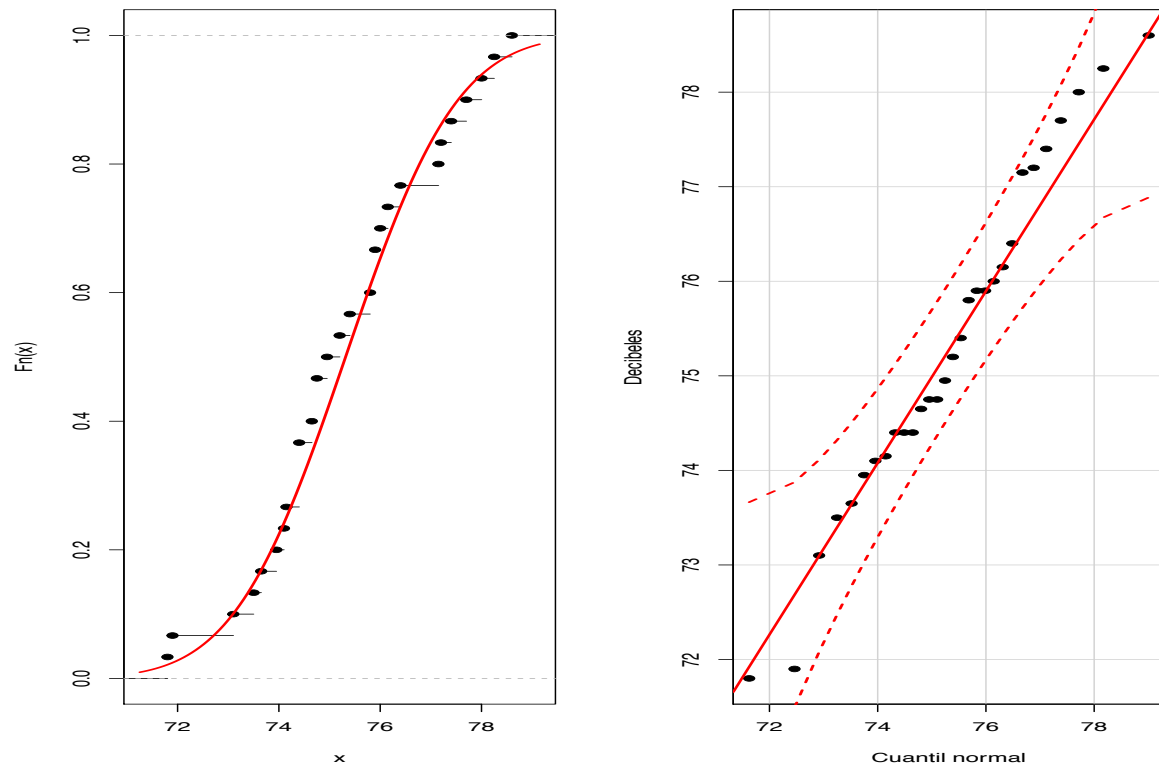
Comparación de Cuantiles por Lugar 5



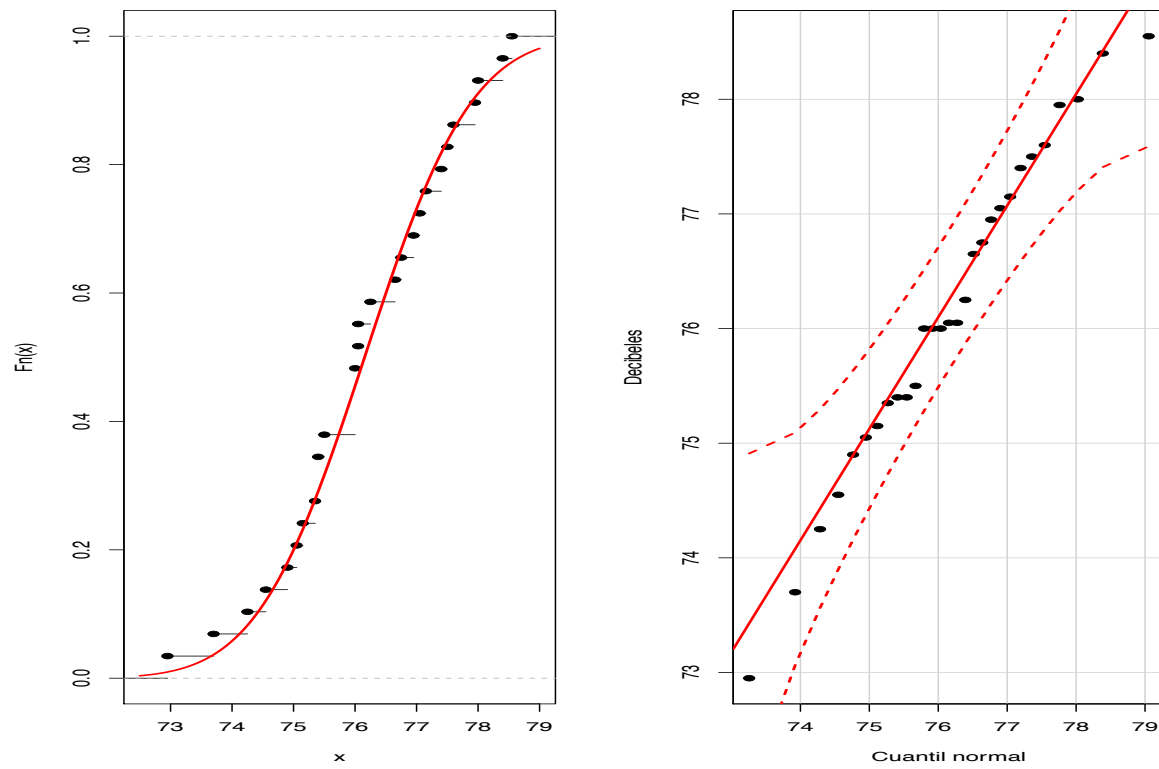
Comparación de Cuantiles por Martes



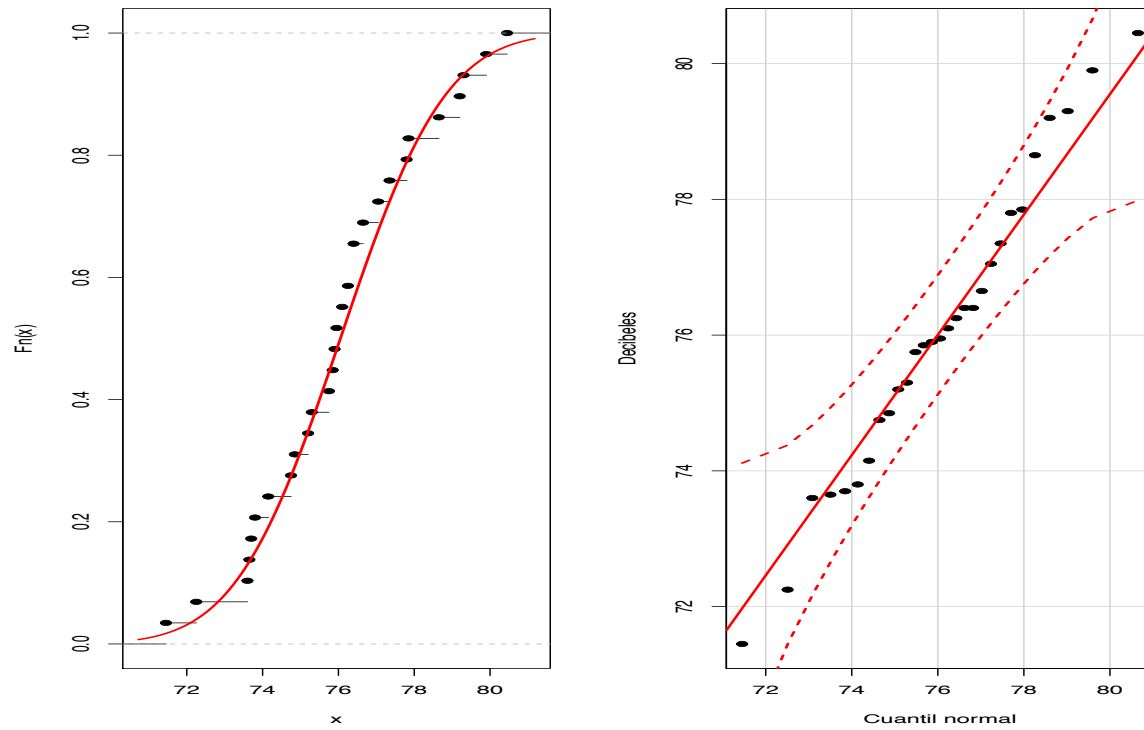
Comparación de Cuantiles por Miércoles



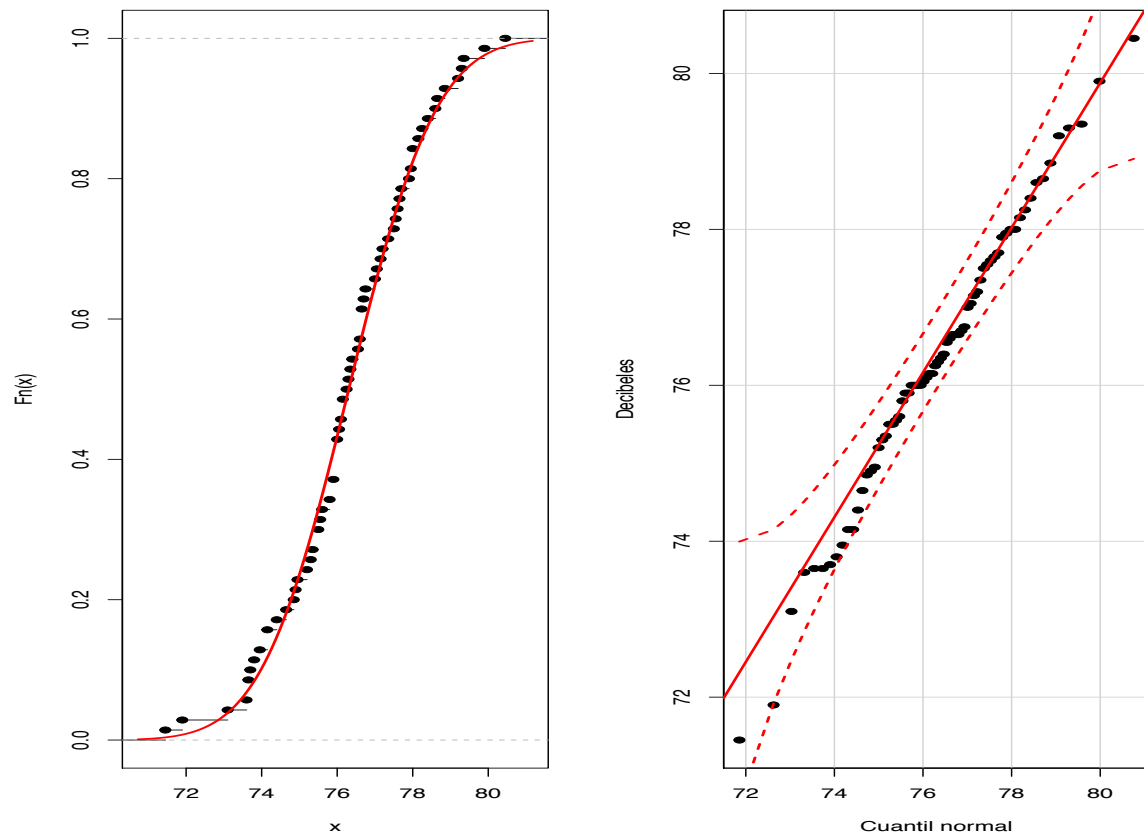
Comparación de Cuantiles por Jueves



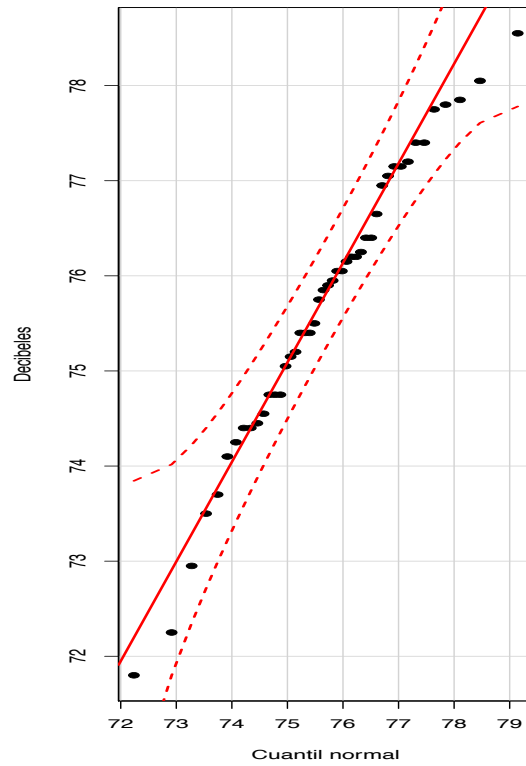
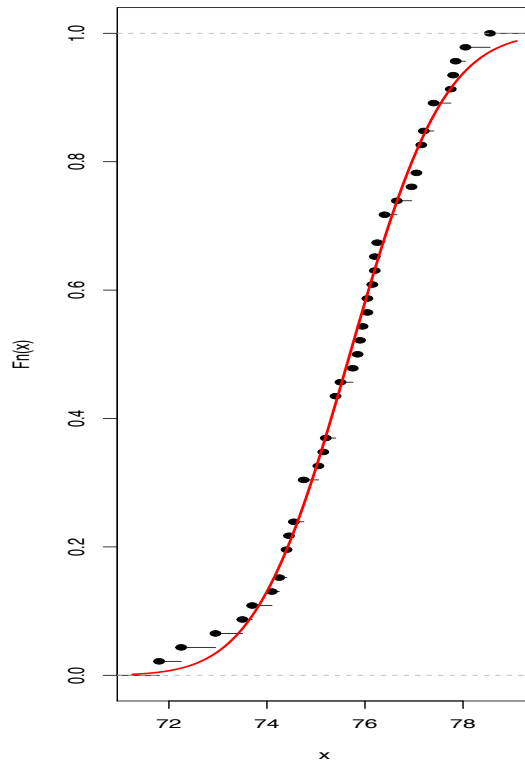
Comparación de Cuantiles Viernes



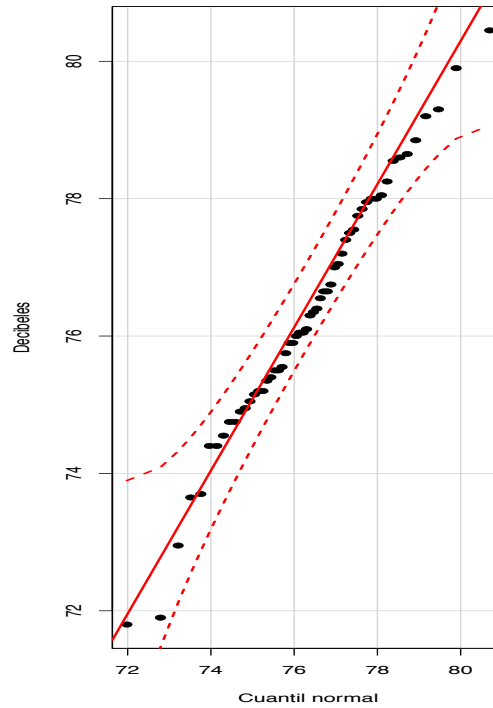
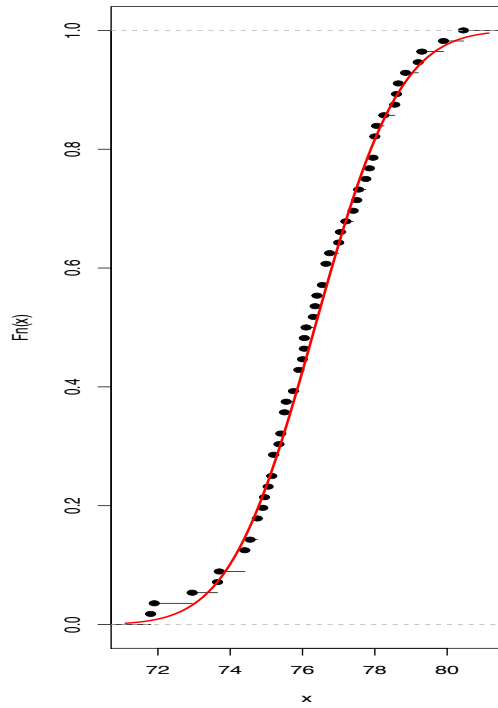
Comparación de Cuantiles por Piso 1



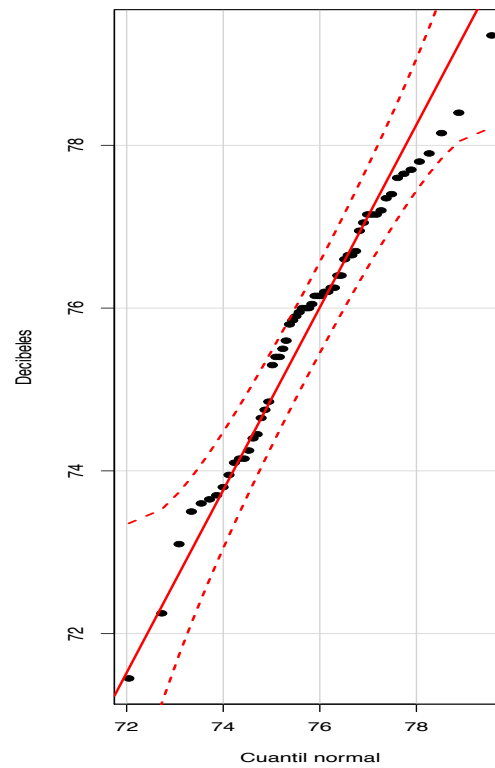
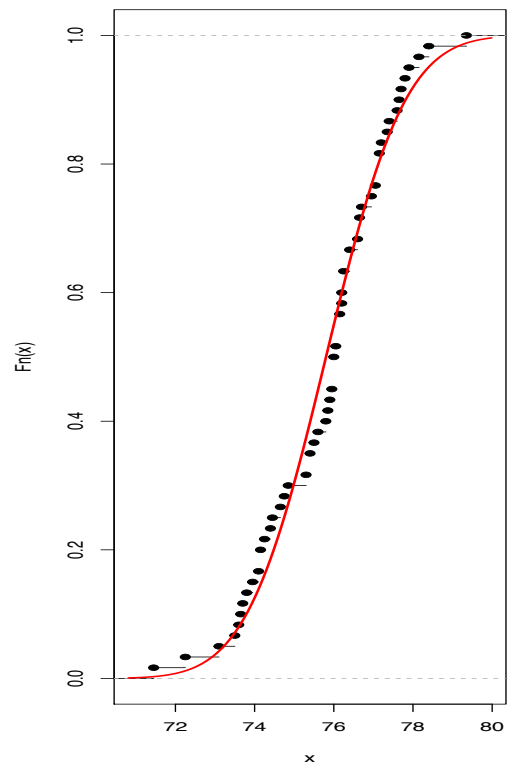
Comparación de Cuantiles por Piso 2



Comparación de Cuantiles por Semana 1



Comparación de Cuantiles por Semana 2



Conclusiones

- En promedio durante el experimento realizado en el intervalo de las dos horas, no se logra superar el límite permisible de ruido, dado por la siguiente ecuación:

$5 * (\text{Log}_2 (8/2)) + 85$ donde:

- 5 es la tasa de intercambio
- 8 tiempo estimado (horas)
- 2 tiempo total (horas)
- 85 dB permitidos en 8 horas

por lo que con los datos recolectados no se genera un riesgo en la audición de los estudiantes de la universidad Nacional

- Se puede plantear una iniciativa de investigación a futuro que observe y analice los eventos que se realicen en el ágora, ya que con los datos obtenidos es insuficiente para acreditar los factores que puedan afectar dichos eventos, todo lo anterior surge de la suposición por parte de los datos atípicos de nuestro experimento.
- El ambiente del ágora es diverso en cuanto a ambiente sonoro pero percatándose de que fue una semana cercana a varias evaluaciones y trabajos finales se observa que si se requiere de un entorno tranquilo para poder degustar de los alimentos, según los datos recolectados, se propiciara una distribución de probabilidad sobre que valores de estimulación acústica se encontraran en el ambiente, con esto prever que los estudiantes decidan recurrir a otros sitios, además esta información atribuye datos esenciales para individuos que posean características de irritabilidad por parte de espacios intranquilos, y para terminar con el pensamiento a futuro esta investigación influirá en las próximas decisiones de los nuevos integrantes que ingresaran a este establecimiento académico.

Recomendaciones

Dados los análisis de resultados, los hallazgos principales y las conclusiones podemos dar las siguientes sugerencias;

- Se recomienda tomar muestras en diferentes sitios de la universidad para poder diversificar los resultados obtenidos y dar una manera más global del comportamiento del ruido en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Tomar los datos en diferentes fechas, y diferentes semestres para poder mejorar los resultados obtenidos.
- Conseguir más sonómetros, para hacer la toma de muestras en simultaneo con todos, para así poder tener mejores resultados y mucho más precisos.