

ÍNDICE

	páginas
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
CAPITULO 1	
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2	
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. ASPECTOS GENERALES	3
2.2. HUMEDAD RELATIVA	4
2.3. TIPOS DE FUENTES DE SONIDO	6
2.3.1. Factores de la sensación sonora	6
2.3.2. Nivel de presión sonora	6
2.4. FRECUENCIA	7
2.5. TIPOS DE RUIDO	8
2.6. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO	8
2.6.1. Efectos Auditivos	8
2.6.1.1. Daño Auditivo	9
2.6.1.2. Características de la pérdida auditiva	10
2.6.1.3. Molestias ocasionadas por el ruido	10
2.6.2. Efectos No Auditivos Del Ruido	11
2.7. EXPOSICIÓN A RUIDO EN EL TRABAJO	12
2.8. PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO	14
2.9. PREVENCIÓN	16
2.9.1. Medición del Ruido	17
2.9.2. Audiometría	17
2.9.3. Metodología y Control	17
2.10. REFLEXIONES TEMPRANAS	19
2.11. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (Tr)	19

2.12. MATERIALES ABSORBENTES ACÚSTICOS	21
2.12.1. La Madera	24
2.12.2. Lana Mineral	25
2.12.3. Lana de Vidrio	26
2.12.4. Fibra de Poliéster	27
2.12.5. Poliuretano	28
2.12.6. Lamina Base Plomo	30
2.12.7. Chapa Galvanizada	30
2.12.8. Difusores y Resonadores	31

CAPITULO 3

3. PARTE EXPERIMENTAL	34
3.1. METODOLOGÍA DE LA ENCUESTA	34
3.2. METODOLOGÍA DE MONITOREO	35
3.3. METODOLOGÍA DE AUDIOMETRÍA	37
3.4. METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA CABINA ACÚSTICA	37
3.5. TRATAMIENTO DE DATOS	37
3.5.1. Encuesta	37
3.5.2. Monitoreo	37
3.5.3. Audiometría	38

CAPITULO 4

4. RESULTADOS	39
4.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA	39
4.2. RESULTADOS DEL MONITOREO	47
4.2.1. Análisis del Ruido	47
4.2.2. Método de Hansen	47
4.2.3. Resultados Monitoreo de Temperatura, Humedad y Cantidad de Generación	52
4.3. RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA	53
4.3.1. Discusión de los resultados	78

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE LA CABINA ATENUANTE	79
5.1. CÁLCULOS	79
5.2. INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS EN LA AISLACIÓN ACÚSTICA	82
5.3. DISEÑO DE LA CABINA	84
5.4. COSTOS	88

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES	89
------------------------	-----------

CAPITULO 7

7. RECOMENDACIONES	91
---------------------------	-----------

CAPITULO 8

8. BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	94

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

HIDROPAUTE es una empresa de capital mixto que se dedica a la generación de energía hidroeléctrica en la región sur oriental del Ecuador. Opera la Central Paute, que en el lugar denominado Guarumales tiene una capacidad de generación de 1.000 MVA constituyéndose en la central de mayor potencia del país, con una casa de máquinas subterránea con 10 unidades y una tubería de presión de más de 6 Km. entre la represa Amaluza y la casa de máquinas. Casa de Máquinas está dentro de una galería subterránea excavada, está constituida por 10 unidades de generación, que han sido instaladas en dos etapas de construcción denominadas Fase AB y Fase C. La Fase AB comprende 5 unidades de generación de 100 MW cada una, y la Fase C comprende 5 unidades de generación de 115 MW cada una. En conjunto se dispone de una potencia instalada de 1075 MW. En casa de máquinas se dispone de un ascensor, para el transporte del personal hasta el edificio de control y el patio de maniobras, que se encuentra ubicado aproximadamente a 300 m de altura desde casa de máquinas¹.

El trabajo en Casa de Máquinas se realiza en diferentes turnos, en los que en promedio el personal de operación labora 8 horas diarias y el de mantenimiento 9 horas; en situaciones especiales como mantenimientos correctivos laboran períodos de tiempo mayores a los indicados. De acuerdo a estas condiciones, los trabajadores están expuestos a riesgos que a futuro podrían derivar en lesiones auditivas y psicológicas. En cuanto al estado actual con respecto a la protección acústica, los trabajadores de casa de máquinas utilizan adecuadamente las medidas de mitigación que eviten daños a su salud como son orejeras, tapones, cascos, zapatos antideslizantes, guantes, etc.

El sistema de regulación (nivel 1327) es uno de los diferentes sistemas que componen una unidad, consiste de una cuba de aceite y una de aire. Su función es regular la apertura y cierre de los inyectores a una presión de 28 kg/cm², el sonido que emite es producido por dos bombas que son las encargadas de elevar el aceite de la cuba a esa presión. Esta máquina está conectada o complementada con el servomotor que regula la posición de los inyectores y por ende el paso de agua al rodete, también a la válvula esférica por medio de

¹ www.hidropaute.com.ec

otro servomotor que permite la apertura y paso de agua que viene desde la Presa. Este sistema es el que más contamina el ambiente, justamente porque está abierto, no como en el caso del generador o el acople turbina-generador. Existen estudios anteriores de niveles de ruido en Casa de Máquinas, registrados en día Viernes 24 de Agosto del 2001 por la empresa COALDES (División de Medio Ambiente y Seguridad Industrial) en los que se han determinado valores en los sitios de trabajo de 89 dB(A) y 95 dB(A), y que se han enfocado principalmente a buscar medidas para mitigar la contaminación del ruido, con el uso de equipos de seguridad, al cambio de horarios, etc., pero no se han tomado en cuenta otros aspectos tales como la temperatura y la humedad ambiental, el número de unidades de generación, ni tampoco el diseño de sistemas de absorción y aislamiento de ruido

El ruido ocupacional está siendo reconocido como un serio problema potencial de salud. El aumento progresivo de los niveles de mecanización en los diferentes puestos de trabajo y el incremento de los ritmos de producción, así como la incorporación de nuevas tecnologías en algunas aplicaciones en las que antes el trabajo era sustancialmente manual, son responsables de que muchas actividades se desarrollen en un ambiente con cada vez mayor contaminación, en este caso por ruido. Al igual que todos los contaminantes, el ruido, reduce la calidad de vida. Los niveles altos de ruido en el trabajo o en casa pueden agravar las condiciones de salud. Además de los riesgos para la salud humana la contaminación por ruido produce impactos ecológicos negativos sobre las especies sensibles a éste.

El presente estudio tiene como objetivo general disminuir la afectación en el ser humano, de las consecuencias de la contaminación del ruido producidas por el funcionamiento de las unidades de generación de Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute.

Este objetivo se quiere lograr estableciendo los niveles actuales de contaminación de ruido mediante monitoreo. También se determinará la influencia de la cantidad de generación, la temperatura ambiental, y humedad ambiental de Casa de Máquinas en los niveles de contaminación de ruido, realizando análisis estadísticos y estableciendo correlaciones. Con los datos obtenidos se definirán los niveles máximos de ruido, comparándolos con normas aplicables, en este caso se usó el TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria). Estos datos ayudarán a conocer el problema que presenta Casa de Máquinas con respecto al ruido, y en base a ellos se procederá a diseñar un sistema de absorción y aislamiento del ruido, proporcionando alternativas y sus respectivos costos.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ASPECTOS GENERALES

Algunos de los temas más comentados por los ciudadanos de todos los estratos sociales, están relacionados con los problemas ambientales que nos agobian: la contaminación del aire, del agua, del suelo, el estado general de los recursos naturales y el deterioro de la calidad de vida. A simple vista, la contaminación altera el sabor del agua, el aspecto de los árboles, el color del cielo, sin embargo, el ruido, es el único que aparentemente no produce trastornos en el medio ambiente, porque no se lo puede ver, no se respira, no es tangible, pero al propagarse por el aire, el agua o el suelo, modifica los ecosistemas y deteriora la calidad de vida de las personas. El oído es un órgano maravillosamente diseñado para distinguir sonidos, aunque con un límite determinado para captación de la energía disipada por la fuente emisora. El estudio del sonido se llama acústica y abarca todos los campos de la producción, propagación y recepción del sonido, sea éste creado o recibido por el hombre, por máquinas o por instrumentos de medición. Con mucha frecuencia en la moderna sociedad el sonido molesta. Muchos sonidos son desagradables e indeseados, éstos son llamados ruido. Sin embargo el nivel de la molestia depende no sólo de la calidad del sonido, sino también de la actitud del individuo frente a él. Por ejemplo, el tipo de música de que disfruta cierta gente podría ser considerado como ruido por otros, especialmente si el nivel de éste es alto.²

El término ruido en el lenguaje cotidiano se aplica indistintamente a todo sonido que adquiere para las personas un carácter efectivo desagradable. El ruido afecta a los habitantes, seres humanos, fauna, etc., en el medio natural. Esta contaminación es más común y generalmente presenta características más severas en zonas industrializadas y urbanas en general. Para considerar a un ruido como perjudicial se deben tener en cuenta la historia, costumbres, tradiciones, hábitos de trabajo, geografía, clima, etc., de la gente y las características de la localidad a analizar. Para la medición de nivel de ruido se utiliza el decibel (dB) como la unidad de medida. La determinación de este parámetro se realiza mediante sonómetros o decibelímetros.

² MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f

SONÓMETRO:³

Es un instrumento que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano; el sistema consiste de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura.

DECIBEL

Es una unidad adimensional, logarítmica, de medición frecuente utilizada como escala para niveles de presión acústica. Los sonómetros usan el decibel como la unidad de medición conocida como Nivel de Presión Sonora.

DECIBEL A

Es la una unidad de nivel sonoro medido con un filtro previo que quita parte de las bajas y las muy altas frecuencias. De esta manera antes de la medición se conservan solamente los sonidos más dañinos para el oído, razón por la cual la exposición medida en dB(A) es un buen indicador del riesgo auditivo.

NIVEL DE PRESION SONORA

Se expresa en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia. La presión sonora tolerable es muy pequeña comparada con la presión atmosférica.

2.2. HUMEDAD RELATIVA ⁴

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o el grado de humedad. Humedad absoluta es el número de gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire. Se expresa en g (de vapor de agua)/m³ (de aire). Esta medida es independiente de la temperatura o la presión. La cantidad de agua máxima que puede admitir el aire sin condensación varía con la temperatura y la presión atmosférica. También la facilidad con la que éste absorbe el vapor de agua. En el caso de que el aire no pueda admitir más agua se dice que está saturado y tendría una humedad relativa del 100%.

³ www.waste.idea.es.com

⁴ www.wikipedia.org

La Humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir, sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Si una masa de aire tiene el 50% de agua respecto a la máxima cantidad que podría admitir, su humedad relativa es del 50%.

Para la comodidad humana es mucho más interesante la humedad relativa puesto que cuanto mayor sea la capacidad del aire para absorber el vapor, mejor funciona el sistema de evapotranspiración, mecanismo de regulación de la temperatura del cuerpo, aunque si es excesivamente baja, se secan las mucosas (nariz, boca) y se es más propenso a la entrada de microbios patógenos. El grado de humedad más adecuado para la comodidad del ser humano está comprendido entre 40-70%. Cuando hace calor y humedad, se dice que el calor es *pegajoso* porque al sudor le cuesta evaporarse y permanece en la piel.

Para la caracterización del clima, también es más interesante la humedad relativa, ya que una masa de aire saturada, o cercana a la saturación, es una masa de aire húmedo y las plantas pueden aprovechar esa humedad, mientras que de una masa de aire más seco no, aunque tenga mayor humedad absoluta. Cuando la humedad llega al 100%, y empieza a condensar la humedad, se está en el punto de rocío. Esta condensación produce sobre los objetos, el llamado rocío o, si hace mucho frío, la escarcha. Si se produce en el mismo aire, forman una neblina. Para que se produzca esta neblina debe haber unas pequeñas partículas en el aire, llamadas núcleos de condensación, que posibilitan que se condense el agua. Los núcleos de condensación, pueden ser polvo, granos de polen, esporas, cristales de sal, etc. En caso de que no existiesen núcleos de condensación en el aire, algo muy difícil de conseguir, podrían alcanzarse humedades relativas de hasta el 300% sin producirse ninguna neblina.

La humedad relativa se puede medir mediante un instrumento denominado higrómetro o un psicrómetro. Un psicrómetro está formado por un termómetro de bulbo húmedo y un termómetro seco. Se mide la temperatura húmeda y puede obtenerse la humedad relativa mediante el ábaco higrométrico, comparándola con la temperatura real del termómetro seco. Para obtener la humedad absoluta, se debe calcularla a partir de la humedad relativa y de la temperatura. La humedad se puede modificar artificialmente. Se puede utilizar un deshumidificador para bajarla o un humidificador para aumentarla.

2.3. TIPOS DE FUENTES DE SONIDO⁵

- **Fuente puntual:** La presión sonora cae a la mitad de su valor cuando la distancia a la fuente se duplica. Esto corresponde a una caída en la presión de sonido de 6 dB(A).
- **Fuente lineal:** La presión sonora de una fuente lineal solo cae aproximadamente 3 dB(A) cuando se duplica la distancia a la fuente, porque el sonido se propaga desde la fuente como un frente de onda en una dirección perpendicular a la fuente lineal. Una fuente lineal podría ser una tubería transportando un fluido turbulento o una carretera con un alto flujo de tráfico.
- **Fuentes de ondas planas:** En principio consiste en un pistón desde el cual la energía es radiada dentro de un tubo formando una onda plana en él. Dado que la intensidad es la misma en todas partes en el tubo, el nivel de presión sonora no caerá con el incremento de la distancia al pistón.

2.3.1. Factores de la sensación sonora⁶

El sonido se puede caracterizar y definir mediante dos parámetros: presión sonora y frecuencia. Además de estos factores existen otros de tipo subjetivo como la salud del receptor, la actitud ante el ruido, el ser o no sujeto generador del ruido, etc. Por tanto, a la hora de definir un ruido se debe tener en cuenta tanto su espectro de frecuencias como su nivel de presión sonora. Además, a estos aspectos hay que enmarcarlos en su evolución en el tiempo. En realidad la magnitud cuya medición podría tener más interés sería la respuesta del ser humano ante el ruido, lo que englobaría el nivel de presión sonora y la frecuencia como singular forma de recepción con que un oído humano se comporta ante él.

2.3.2. Nivel de presión sonora⁷

En general, el nivel de presión sonora es el elemento determinante de las molestias cuando se trata de una fuente de ruido considerada crítica. Al evaluar el nivel de aceptabilidad del ruido generado por una fuente, éste debe ser relacionado con el ruido de fondo existente.

⁵ Gerard Kiely, 1999

⁶ INECEL. Dosni, Informe Interno. s/f

⁷ HERNÁNDEZ CALLEJA. Ana, “Confort acoustique le bruit dans les bureaux. Acoustic comfort: noise in offices”, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo

Los estudios para conocer el grado de dependencia entre el nivel de presión sonora y la respuesta de molestia han sido realizados, en su mayor parte, con fuentes individuales de ruido. Los resultados no han permitido establecer un nivel de ruido aceptable para una oficina, aunque existe cierto consenso en considerar que cuando el nivel de ruido excede de 50 dB(A) se produce un incremento notable de las quejas.

No hay estudios sobre la relación entre la molestia causada por fuentes individuales de ruido y la molestia global en los puestos de trabajo. Algunos estudios han demostrado que la molestia global es igual a la molestia máxima causada por una fuente de ruido cuando las demás causan bastantes menos molestias. Esta es la razón por la que es recomendable buscar siempre la fuente crítica y actuar sobre ella. En algunos casos, cuando las diversas fuentes se consideran igualmente molestas, ocurre un cierto efecto sumatorio de molestias, lo que hace que el nivel global de ruido sea el factor que se debe tener en cuenta a la hora de tomar medidas contra el ruido.

2.4. FRECUENCIA⁸

Se entiende por frecuencia el número de veces por segundo que se produce la variación de presión acústica, midiéndose en Hercios (Hz) o ciclos por segundo.

Como se habla de ruido desde el punto de vista de higiene industrial, lo que se propone es evitar las lesiones que el ruido puede provocar a los trabajadores como consecuencia de su trabajo, se recomienda utilizar dentro del espectro posible de frecuencias acústicas, las más directamente relacionadas con la audición humana con el fin de protegerla. El oído humano puede percibir sensaciones sonoras o ruidosas dentro del intervalo de frecuencias de 20 a 20000 Hz, denominándose los sonidos de frecuencias inferiores a 20 Hz infrasonidos, y los de frecuencias superiores a 20000 Hz, ultrasonidos. Si bien el oído humano joven y sano puede percibir sensaciones sonoras en toda la gama de frecuencias, el hombre para comunicarse utiliza preferentemente unas determinadas frecuencias (las llamadas frecuencias conversacionales, entre 500 y 2000 Hz.), siendo en esta zona donde se deben redoblar los esfuerzos con el fin de garantizar una mejor prevención de las lesiones auditivas.

⁸ CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Higiene Industrial”, Informe Interno. s/f

El intervalo de frecuencias audibles, para poder ser estudiado, se rompe o divide en secciones. Así, se habla de bandas de octava y de bandas de tercio de octava. El espectro de frecuencias audibles para el hombre queda dividido en las siguientes bandas de octava en Hz: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000. Para este proyecto las mediciones de ruido han sido tomadas con cuatro bandas de octava: 125, 500, 1000 y 2000, con el fin de obtener mejores resultados.

2.5. TIPOS DE RUIDO⁹

Ruido estable: Es una banda ancha, de nivel prácticamente constante, que presenta fluctuaciones de 5dB(A) durante el período de observación.

Ruido intermitente fijo: Producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior.

El nivel superior debe mantenerse mínimo un segundo antes de producirse una nueva caída a nivel ambiental.

Ruido intermitente variable: constituido por una sucesión de distintos niveles de ruido estable.

Ruido fluctuante: este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.

Ruido impulso / impacto: Elevación brusca del ruido en un tiempo inferior a 35 minutos, y una duración total de menos de 500 m., tiempo entre crestas igual o superior de 1seg.

Pueden darse interrelaciones entre diferentes tipos de ruido, así encontraremos ruido estable-impulso, fluctuante-impulsiva, intermitente-impulsiva, etc.

2.6. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO¹⁰

2.6.1. EFECTOS AUDITIVOS

Estructura del Sistema Auditivo

El oído es un órgano alojado en el hueso temporal. Desde el punto de vista anatómico y funcional, el oído puede ser dividido en tres partes: oído externo, medio e interno.

⁹ INECCEL. Dosni, Informe Interno. s/f

¹⁰ CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Higiene Industrial”, Informe Interno. s/f

Oído externo

Está constituido por el pabellón auditivo u oreja y el conducto o canal que conduce al tímpano. En el conducto auditivo externo hay pelos y cerumen, que cumplen la función de proteger e impedir que penetren hacia el interior cuerpos extraños.

Oído interno

Está formado por una serie de cavidades: los canales semicirculares, responsables del sentido del equilibrio y la cóclea o caracol, donde existe una membrana(membrana basal) en la que se encuentran miles de finísimos filamentos que son terminaciones nerviosas.

Cuando la vibración de la cadena de huesecillos llega a la ventana oval, se transmite al líquido que llena la cóclea, pudiendo así excitar las terminaciones nerviosas de la misma y producir el estímulo que es conducido, a través del nervio auditivo, al cerebro, lugar en el que se decodifica el mensaje. De esta forma se transforman las variaciones de presión en el aire en sensaciones acústicas.

Oído medio

Es un espacio hueco llamado caja del tímpano. Está limitado en su parte más externa por la membrana del tímpano y en su parte más interna por la pared ósea del oído interno.

En el oído medio se producen dos funciones fundamentales. La primera de transmisión del sonido hasta el oído interno. La segunda, de transformación del sonido amplificándolo o amortiguándolo.

2.6.1.1. DAÑO AUDITIVO¹¹

El potencial de daño auditivo de una fuente concreta de ruido no sólo depende de su nivel sino también de su duración. Generalmente se acepta que un medio ambiente sonoro por debajo de 75 dB(A) no es dañino, mientras que un sonido simple superior a 140 dB(A) puede ocasionar un daño auditivo permanente. Entre estos dos niveles, la cantidad de daño auditivo varía con el nivel de sonido, el tiempo de exposición y la sensibilidad individual al ruido. Otros factores contribuyentes son el número y duración de los períodos de tranquilidad entre exposiciones, el tipo de sonido, y su distribución de frecuencia.

¹¹ Gerard Kiely, 1999

La pérdida de audición puede ser temporal o permanente. La exposición a niveles altos de sonido durante un corto período de tiempo puede producir una pérdida temporal de audición que puede durar algunas horas, dependiendo de la duración y nivel de ruido. En consecuencia, los trabajadores industriales y otros expuestos a niveles altos de ruido necesitan revisiones auditivas cada cierto tiempo. Sin embargo, los ruidos ambientales son rara vez lo suficientemente altos como para causar daño auditivo y tales tests no parece que sea necesarios para el público en general.

2.6.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PÉRDIDA AUDITIVA¹²

El desplazamiento temporal del umbral de audición conlleva una recuperación posterior de la audición normal, al cabo de un tiempo del orden de 10 horas, siempre que no se repita la exposición al ruido. El desplazamiento del umbral suele alcanzar un máximo para frecuencias superiores a la octava siguiente al tono predominante de la exposición. Este desplazamiento tiende a producirse durante la primera hora de exposición y su amplitud depende del tipo de ruido; ruidos de frecuencias altas producen mayores desplazamientos que de frecuencias bajas. Estudios muestran que la recuperación es tanto más rápida cuanto mayor ha sido el desplazamiento, existiendo un límite de 50dB(A). A partir de los 60dB (A) la vuelta a la normalidad es mucho más lenta, sobre todo para frecuencias superiores a los 4000 Hz, pudiendo aparecer incluso desplazamientos permanentes del umbral de audición. El control de la función auditiva será prevenir las pérdidas de la capacidad auditiva mediante detección de la disminución de ésta, así como adopción de medidas preventivas. El control se efectuará bajo responsabilidad de un médico y se realizará en forma periódica cada 6 meses y las veces adicionales necesarias a juicio del médico responsable.

2.6.1.3. MOLESTIAS OCASIONADAS POR EL RUIDO

Debido a afectos fisiológicos y psicológicos, el ruido puede resultar una fuente de molestias. El ruido provoca perturbaciones en las actividades fisiológicas: Aceleración del ritmo cardíaco, modificaciones del ritmo respiratorio, variaciones de la presión arterial, etc. Si el ruido se hace habitual, la variación del comportamiento de los individuos dependerá de su estado psicológico: agresividad, inconformidad, etc.

¹² INECEL. Dosni, Informe Interno. s/f

Interferencia en el habla: la calidad de la comunicación oral depende del nivel de ruido y de la distancia. Para permitir una conversación normal a distancias de alrededor de 5 metros, se necesitaría un nivel de ruido de fondo por debajo de los 50dB(A).¹³

Interferencia en el trabajo: Unos niveles altos de ruido pueden reducir la presión más que la cantidad de trabajo llevada a cabo.

Molestias: Las molestias de ruido van a variar dependiendo de la persona. Las interferencias en el sueño debidas al ruido conllevan una gran molestia para muchas personas. Los ruidos intermitentes o impulsivos son especialmente incómodos.

2.6.2. EFECTOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO¹⁴

Existen otros efectos del ruido a los que normalmente no se relacionan con él, pero que son igualmente preocupantes, ya que la exposición a niveles altos de ruido tiene efectos sobre la mayoría de órganos o sistemas del cuerpo humano, pudiendo alterar la salud de las personas expuestas. Entre los efectos no auditivos del ruido se tiene:

Efectos respiratorios: la exposición al ruido puede provocar un aumento de la frecuencia respiratoria, que vuelve a su normalidad cuando cesa la exposición.

Efectos cardiovasculares: la exposición al ruido puede provocar un aumento de la incidencia de trastornos como hipertensión arterial, arteriosclerosis.

Efectos digestivos: la exposición al ruido puede provocar un aumento de la incidencia de úlceras gastroduodenales y aumento de la acidez.

Efectos visuales: la exposición a niveles elevados de ruido pueden provocar alteraciones de la agudeza visual, del campo visual y de la visión cromática.

Efectos endocrinos: la exposición a niveles elevados de ruido puede provocar modificaciones en el normal funcionamiento de diversas glándulas como la hipófisis, tiroides, suprarrenales, etc., produciendo variaciones en la concentración en la sangre de las hormonas que segregan las mismas.

Efectos sobre el sistema nervioso: la exposición a niveles elevados de ruido puede provocar alteraciones en el electroencefalograma, trastornos del sueño, cansancio, irritabilidad, inquietud e inapetencia sexual.

¹³ Gerard Kiely, 1999

¹⁴ CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Higiene Industrial”, Informe Interno. s/f

Tiene especial importancia el efecto que tiene el ruido de disminuir el grado de atención y aumentar el tiempo de reacción, con lo que se favorece los errores y el aumento de los accidentes de trabajo.

2.7. EXPOSICIÓN A RUIDO EN EL TRABAJO¹⁵

Para valorar el riesgo por ruido, además de la intensidad, hay que tener en cuenta el tiempo de exposición. Por ello, los límites de exposición se fijan para ocho horas diarias. De esta forma, desde el punto de vista del riesgo se puede decir:

$$\text{Decibelios} + 3 = \text{Tiempo} / 2$$

$$85 \text{ dB (A) durante 8 horas} = 88 \text{ dB(A) durante 4 horas.}$$

Es decir, si el nivel sonoro se incrementa en 3 dB(A), la duración debería reducirse a mitad para mantener el mismo nivel de exposición.

Tabla 2.1. Tiempo Máximo de Exposición en Función de la Intensidad (90 dB) ¹⁵

TIEMPO MAXIMO DE EXPOSICION	LIMITE PARA 8 h. a 90 dB (A)
10 horas	89
9 horas	89
8 horas	90
7 horas	90
6 horas	91
5 horas	92
4 horas	93
3 horas	95
2 horas	96
1 hora	99
30 minutos	102
15 minutos	105

¹⁵ Alfonso A. Calera, Lola Esteve, Rebeca Torada, José María Roel, Valeria Uberti-Bona, Fernando Rodrigo: Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, Guía para la Intervención Sindical.

Así, según se fije el límite máximo de ruido se podrá calcular cuál es el tiempo máximo a que se puede estar expuesto en los diferentes niveles. Por ejemplo, si consideramos los 90 dB(A) como límite de seguridad para ocho horas diarias de trabajo, se tendría que los tiempos máximos de exposición en función a la intensidad serían los referidos en la Tabla 2.1.

Ahora bien, si con un criterio de mayor rigor preventivo, se sitúa el límite de exposición para 8 h/día en 85 dB(A), se reducen sensiblemente los tiempos. (Tabla 2.2.)

Tabla 2.2. Tiempo Máximo de Exposición en Función de la Intensidad¹⁶

TIEMPO MAXIMO DE EXPOSICION	LIMITE PARA 8 h. a 90 dB (A)
10 horas	84
9 horas	84
8 horas	85
7 horas	85
6 horas	86
5 horas	87
4 horas	88
3 horas	90
2 horas	91
1 hora	94
30 minutos	97
15 minutos	100

En el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruidos (Acuerdo #7789) se dice que: “Para ruido continuo se establecen los siguientes límites permisibles, así como, tiempo de exposición bajo el criterio de daño auditivo”. (Tabla 2.3)

¹⁶ Alfonso A. Calera, Lola Esteve, Rebeca Torada, José María Roel, Valeria Uberti-Bona, Fernando Rodrigo: Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, Guía para la Intervención Sindical.

Tabla 2.3. Tiempo Máximo de Exposición según el Ministerio de Salud Pública¹⁷

TIEMPO MAXIMO DE EXPOSICION	NIVEL DE PRESION SONORA
HORAS	dB (A)
32	75
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
0.5	105
0.25	110
0.125	115

2.8. PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO¹⁸

Aunque el principal elemento de un programa de control del ruido debe ser la prevención en origen, a veces debe utilizarse la protección personal como medida complementaria, temporal o en último extremo. La utilización temporal de los protectores personales debe ir acompañada de:

- Señalización de las zonas de riesgo.
- Acuerdo con los delegados de prevención sobre la necesidad de la protección individual.
- Acuerdo con los trabajadores sobre el tipo de protector.
- Medición del espectro de frecuencias del ruido para una adecuada selección del tipo de protector.

¹⁷ Alfonso A. Calera, Lola Esteve, Rebeca Torada, José María Roel, Valeria Uberti-Bona, Fernando Rodrigo: Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, Guía para la Intervención Sindical.

¹⁸ Leonardo Bermeo, Manual de Procedimientos de Seguridad para la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute.

- Programa de formación/información sobre los riesgos del ruido, su prevención y la utilización de la protección personal.
- Programa de inspección, mantenimiento, limpieza, almacenamiento y reemplazo de los protectores.

Sin embargo, todos los medios de protección personal comportan problemas. El riesgo sigue existiendo y, por tanto, las condiciones no son saludables. Con niveles de ruido elevados, quitarse los protectores muy poco tiempo puede suponer una exposición que supere con mucho la dosis permitida: 1 minuto a 117 dB (A) equivale a 90 dB (A) durante ocho horas. La protección auditiva interfiere la comunicación verbal y puede amortiguar otros sonidos o impide distinguir su procedencia, lo cual en algunas industrias puede conllevar riesgos mayores o incluso ser fatal.

El utilizar protectores individuales para el oído durante la jornada supone una incomodidad, que se ve acrecentada cuando existen factores como alta temperatura, polvo o humedad. Condicionan una mayor carga de trabajo que debe tenerse en cuenta en la valoración de los riesgos. Mediante la protección personal, la dirección transfiere a los trabajadores la responsabilidad de la prevención.

Las protecciones personales, no deben ser consideradas medidas definitivas sino temporales hasta que se encuentren las soluciones óptimas. Los protectores auditivos tienen la misión de atenuar el nivel de ruido que llega al interior del oído, esto se consigue mediante diferentes protectores como las **orejeras**, los **tapones** y los **cascos**.

a) Las orejeras:

Están compuestas por dos casquetes que envuelven el pabellón auditivo, unidos por un arnés que puede ser de plástico o de metal, que tiene la misión de sujetar los casquetes y ejercer una presión suficiente como para que se ajuste perfectamente a las orejas y a la cabeza.

b) Los tapones

Son los elementos que se introducen en el conducto auditivo cerrándolo de una manera hermética. Existen variedades de materiales como pueden ser cera, algodón o silicona, y de tallas para adaptarse a diferentes diámetros de canales auditivos.

c) Los cascos

Los cascos son integrales como los utilizados por los pilotos y tienen en su interior una orejera o un intercomunicador. La protección más efectiva es el casco integral que llega a atenuar hasta 20 dB(A). La efectividad de los tapones depende en gran medida de su correcta colocación. Unos tapones simples de algodón reducen 8 dB (A) , si son de cera, 20 dB (A) y, si son de silicona, hasta 30 dB (A).¹⁹

2.9. PREVENCIÓN²⁰

Dado el carácter progresivo e incurable de la sordera profesional, la única medida eficaz para evitarla es la prevención, mediante medidas higiénico-ambientales que eviten o disminuyan el nivel de ruido en los puestos de trabajo. (Tabla 2.4)

Tabla 2.4. Control del ruido: estas son las medidas preventivas que pueden ser utilizadas para disminuir el ruido ambiental

INTERVENCION	MEDIDAS PREVENTIVAS
SOBRE EL ORIGEN	Diseño de máquinas y procesos menos ruidosos. Modificación de piezas o herramientas. Reducción de la concentración de máquinas. Disminución ritmo de producción. Mantenimiento correcto.
SOBRE LA TRANSMISION	Aislamiento de la fuente de ruido (cerramientos) Aumentar la distancia entre la fuente y el trabajador Silenciadores Tratamientos fonoabsorventes Elementos antivibratorios
SOBRE EL TRABAJADOR O TRABAJADORA	Evitar exposición innecesaria. Cabinas insonorizadas. Reducción del tiempo de exposición. Rotación de puestos de trabajo. Protección personal.

¹⁹ Leonardo Bermeo, Manual de Procedimientos de Seguridad para la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute.

²⁰ Gerard Kiely, 1999

Prevención y control del ruido²¹

Para evitar una posible contaminación por ruido, se recomienda prevenirla tomando medidas de mitigación respecto a la fuente o al medio de transmisión. Como medida de mitigación se considera apropiado instalar cabinas antiruidos, si el caso lo amerita.

2.9.1. MEDICIÓN DEL RUIDO²²

Es la acción de medir y obtener datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del entorno acústico o de la emisión a los efectos de conocer la variación de la concentración o nivel de este parámetro en el tiempo y el espacio.

2.9.2. AUDIOMETRIA²²

Es una prueba específica que debe incluirse en los exámenes de salud periódicos de todo trabajador expuesto a ruido. En una gráfica se anota la intensidad mínima a la cual es capaz de oír en cada frecuencia, formando en conjunto lo que se denomina curva audiométrica. Los datos resultantes de la valoración del estado de salud de los trabajadores sólo se podrán utilizar como base orientativa para mejorar el ambiente de trabajo. La sordera profesional es progresiva, y la pérdida de audición será mayor, cuanto más años se permanezca expuesto a un nivel de ruido de riesgo. Además es incurable, no hay tratamiento médico ni quirúrgico que la cure. El tiempo de evolución de una sordera por ruido puede ser de más de treinta años.

2.9.3. METODOLOGÍA Y CONTROL²³

Existen en el mercado internacional métodos de control de ruido cuya finalidad es la de aislar al receptor de las fuentes ruidosas denominadas barreras acústicas. Éstas se derivan fundamentalmente en los siguientes géneros:

1. Protección auditiva personalizada

El método más eficiente y económico, para aislar al receptor de cualquier fuente de ruido es la utilización de tapones auditivos y orejeras acústicas. En promedio, la reducción de ruido que proporcionan es de aproximadamente 20 dB(A). Esto le permite al receptor ubicarse en ámbitos de ruido muy elevados, manteniéndose por debajo de los rangos de seguridad.

²¹ MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f

²² www.barrioperu.terra.com.pe/arquicust/Glosario%20de%20Ac%FAstica.htm

²³ MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f

2. Materiales absorbentes

Se trata de resonadores fibrosos, porosos o reactivos como la lana mineral, la fibra de vidrio y el poliuretano de célula abierta, diseñados para absorber y disipar energía acústica. Estos materiales atrapan ondas sonoras y transforman la energía aerodinámica en energía termodinámica o calor. El parámetro que los define es el coeficiente adimensional de absorción de sonido o la medida de energía acústica absorbida por el material, normalmente expresada por un decimal entre cero y uno.

3. Barreras acústicas

Evitan la transmisión de ruido de un lado de la barrera hacia el otro. Útiles en áreas con altos niveles de ruido, eliminan la propagación de ondas y la contaminación sonora de áreas contiguas de producción. El parámetro que define este comportamiento es el coeficiente de transmisión de sonido, que es la cantidad de potencia sonora que la barrera es capaz de contener. Las unidades son adimensionales. Las barreras acústicas son cortinas transparentes de vinil o de poliuretano de célula abierta, colchas de vinil integradas con materiales densos y paneles metálicos con altos índices de absorción.

4. Aislamientos

Se refiere a los materiales para el aislamiento de secciones ruidosas de maquinaria en general. Disipan la energía mecánica asociada con las vibraciones, es decir, convierten la energía en movimiento a energía calorífica. Actúan primordialmente en las regiones rígidas de la maquinaria, donde se generan vibraciones, promoviendo el colapso de ondas sonoras. La capacidad reductiva de ruido se deriva del hecho de que una vez que la energía mecánica se disipa en el aislamiento ya no se propaga a través del aire ni estructuralmente. Concientes de la responsabilidad civil que tienen los fabricantes de productos tradicionalmente ruidosos, actualmente un gran número de aparatos domésticos como computadoras, refrigeradoras, secadoras de pelo, taladros, juguetes, licuadoras, etcétera, contienen aislamientos acústicos integrados para reducir los niveles de ruido que emanan.

5. Casetas sonoamortiguadas

Lamentablemente poco utilizadas en las industrias debido a su elevado costo, las casetas sonoamortiguadas representan el método más eficiente para controlar niveles muy altos de ruido, aislando la fuente de ruido del resto de la fuerza laboral, permitiendo que esta desempeñe su trabajo dentro de ambientes acústicamente tolerables.

2.10. REFLEXIONES TEMPRANAS²⁴

Cuando la fuente sonora está rodeada por varias superficies (piso, paredes, techo) un oyente recibirá el sonido directo, y además el sonido reflejado en cada pared. Las primeras reflexiones recibidas, que se encuentran bastante separadas en el tiempo, se denominan reflexiones tempranas.

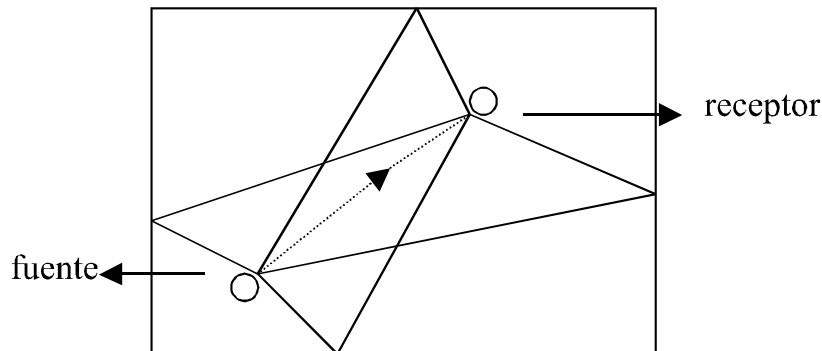


Gráfico 2.1: En la línea de puntos, el sonido directo. En las líneas llenas, algunas de las primeras reflexiones o reflexiones tempranas.

2.11. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T_r)²⁴

Después del período de las reflexiones tempranas, comienzan a aparecer las reflexiones de las reflexiones, y las reflexiones de las reflexiones de las reflexiones, y así sucesivamente, dando origen a una situación muy compleja en la cual las reflexiones se densifican cada vez más. Esta permanencia del sonido aún después de interrumpida la fuente se denomina reverberación.

El proceso continúa así hasta que la mayor parte del sonido sea absorbido, y el sonido reflejado ya sea demasiado débil para ser audible, es decir se extinga. El tiempo de reverberación es un índice útil para la evaluación de la “calidad acústica” de un local, y depende de cuán absorbentes sean las superficies de la sala.

²⁴ CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Acústica y Sistemas de Sonido, Acústica Arquitectónica”, Informe Interno. s/f

Dado que los materiales duros, como el hormigón o los azulejos, son poco absorbentes del sonido, un ambiente con paredes de este tipo tendrá un tiempo de reverberación largo, lo que implica dificultades en la comunicación.

Una sala cubierta con materiales absorbentes como cortinados, alfombras, etc., por el contrario, tendrá un tiempo de reverberación corto.

En el Tabla 2.5. se recogen los tiempos de reverberación recomendados, para distintos locales habitables de diversos tipos de edificios.

Tabla 2.5. Tiempos de reverberación (NBE-CA-82)²⁵

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	≤ 1
	Dormitorios	≤ 1
	Servicios	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos	≤ 1
	Oficinas	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Dormitorios	≤ 1
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$
Docente	Aulas	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Salas de lectura	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$

²⁵ HERNÁNDEZ CALLEJA. Ana, “Confort acoustique le bruit dans les bureaux. Acoustic comfort: noise in offices”, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo

2.12. MATERIALES ABSORBENTES ACÚSTICOS²⁶

A menudo es necesario, tanto en salas de espectáculo como en estudios de grabación y monitoreo, realizar tratamientos específicos para optimizar las condiciones acústicas. Ello se logra con materiales absorbentes acústicos, es decir materiales especialmente formulados para tener una elevada absorción sonora.

Los materiales absorbentes se pegan directamente sobre las paredes y techos y cautivan el ruido proveniente de una determinada estancia, transformándolo en calor.

Generalmente se trata de una capa de espuma de diferentes densidades y con un aspecto similar al de los envases de huevos. Existen varios tipos de materiales de esta clase.

El más económico es la lana de vidrio, que se presenta en dos formas: como fieltro, y como panel rígido. La absorción aumenta con el espesor, y también con la densidad. Permite absorciones sonoras muy altas.

El inconveniente es que debe ser separada del ambiente acústico mediante paneles protectores cuya finalidad es doble: proteger la lana de vidrio de las personas, y a las personas de la lana de vidrio (ya que las partículas que se podrían desprender no sólo lastiman la piel sino que al ser respiradas se acumulan irreversiblemente en los pulmones, con el consecuente peligro para la salud).

Otro tipo de material son las espumas de poliuretano (poliéster uretano, y poliéter uretano) o de melamina. Son materiales que se fabrican facetados en forma de cuñas anecoicas (Gráfico 2.2).

Esta estructura superficial se comporta como una *trampa de sonido*, ya que el sonido que incide sobre la superficie de una cuña se refleja varias veces en esa cuña y en la contigua.

El resultado es un aumento de la superficie efectiva en tres veces o más.

²⁶ MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f

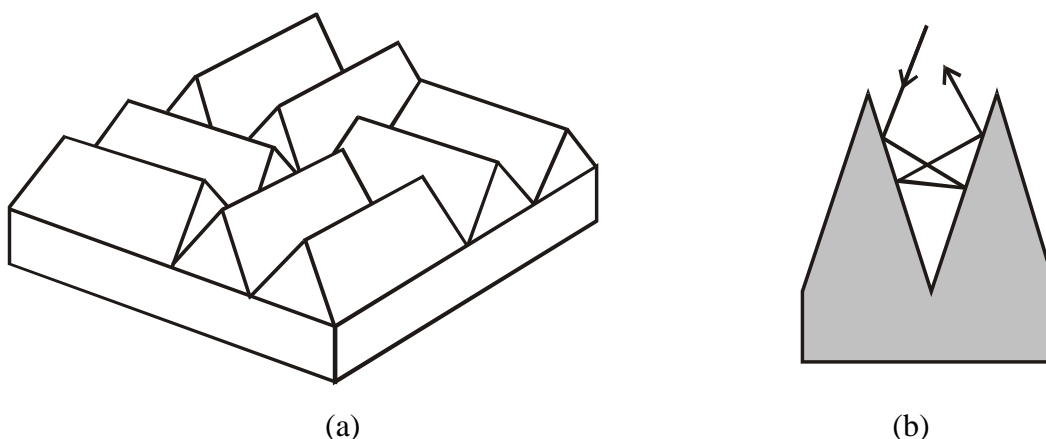


Gráfico 2.2:

(a) Una muestra de material absorbente a base de espumas poliuretánicas con terminación superficial en cuñas anecoicas.

(b) Mecanismo por el cual las cuñas anecoicas logran gran absorción sonora.

Para el tratamiento acústico de cielorraso se pueden colocar plafones fonoabsorbentes basados en fibras minerales (basalto), fibra de vidrio, fibras celulósicas, corcho, etc., con diversas terminaciones superficiales de fantasía.

En general se instalan suspendidas por medio de bastidores a cierta distancia de la losa.

Cuanto mayor es la separación, mejor es la absorción resultante, sobre todo si se intercala algo de lana de vidrio.

Los materiales aislantes como el poliestireno expandido, la fibra de vidrio o la lana de roca permiten aislar en mayor medida, pero requieren de una falsa pared de yeso laminado o madera aglomerada para su colocación; la cámara de aire que se forma entre ambas paredes proporcionan un magnífico aislamiento.²⁷

²⁷ www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria

Tabla 2.6.²⁸

MATERIAL O ESTRUCTURA	COEFICIENTE DE ABSORCION EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA			
	125	500	1.000	2.000
Hormigón sin pintar	0,01	0,02	0,02	0,02
Hormigón pintado	0,01	0,01	0,02	0,02
Ladrillo visto sin pintar	0,02	0,03	0,04	0,05
Ladrillo visto pintado	0,01	0,02	0,02	0,02
Revoque de cal y arena	0,04	0,06	0,08	0,04
Placa de yeso (Durlock) 12mm a 10 cm.	0,29	0,05	0,04	0,07
Yeso sobre el metal desplegado	0,04	0,04	0,06	0,06
Mármol o azulejo	0,01	0,01	0,01	0,02
Madera en paneles (a 58 cm de la pared)	0,3	0,2	0,17	0,15
Madera aglomerada en panel	0,47	0,5	0,55	0,58
Parquet	0,04	0,07	0,06	0,06
Parquet sobre asfalto	0,05	0,06	0,09	0,1
Parquet sobre listones	0,2	0,12	0,1	0,1
Espuma de poliuretano (Fonac) 35mm	0,11	0,36	0,82	0,9
Espuma de poliuretano (Fonac) 50mm	0,15	0,5	0,94	0,92
Espuma de poliuretano (Fonac) 75mm	0,17	0,99	1,03	1
Espuma de poliuretano (Sonex) 35mm	0,06	0,45	0,71	0,95
Espuma de poliuretano (Sonex) 50mm	0,07	0,72	0,88	0,97
Espuma de poliuretano (Sonex) 75mm	0,13	0,9	1,07	1,07
Lana de vidrio (fieltro 14 Kg/m3) 25mm	0,15	0,4	0,5	0,65
Lana de vidrio (fieltro 14 Kg/m3) 50mm	0,25	0,7	0,8	0,85
Vidrio	0,03	0,02	0,01	0,07

²⁸ MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f

2.12.1. LA MADERA²⁹

- **DESCRIPCIÓN**

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones. Pero para lograr un resultado excelente en su trabajo hay que tener presentes ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado.

- **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MADERA**

La madera es porosa, combustible, higroscópica y deformable por los cambios de humedad ambiental, sufre alteraciones químicas por efectos del sol, y es atacable por mohos, insectos y otros seres vivos. Es un material delicado, aunque hoy en día existen tratamientos muy eficaces para paliar las desventajas nombradas anteriormente.

- **PROPIEDADES FÍSICAS**

1.- DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Densidad: es la relación entre la masa (m) de una pieza de madera con su volumen (v) y se la expresa en gramos por centímetro cúbico. $d = m/v$

La densidad se relaciona directamente con otras propiedades de la madera. Proporciona una primera indicación acerca de su comportamiento probable frente a la absorción y pérdida de agua y su correspondiente grado de variación dimensional bajo el punto de saturación de las fibras.

2.- AISLAMIENTO

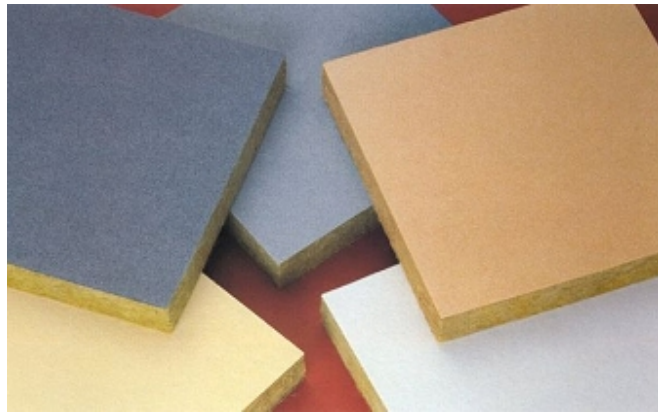
Térmico: por su estructura anatómica, así como por su constitución lignocelulósica, la madera es un excelente aislante térmico. La cantidad de calor conducida por la madera varía con la dirección de la fibra, el peso específico, la presencia de nudos y rajaduras y con su contenido de humedad.

²⁹ Registro Mercantil Salamanca: Libro 239

Acústico: la madera tiene buena capacidad para absorber sonidos incidentes. Esta propiedad puede ser aprovechada ventajosamente en el diseño de divisiones. El aislamiento acústico puede incrementarse notablemente si se dejan espacios vacíos entre los tabiques o se utilizan materiales aislantes tales como fibra de vidrio.

Eléctrico: la madera seca es mala conductora de la electricidad. Su conductividad aumentara rápidamente al aumentar su contenido de humedad, a tal punto que la madera saturada puede llegar a ser conductora. La capacidad aislante de la madera tiene numerosas aplicaciones prácticas en la transmisión y protección de la energía eléctrica.

2.12.2. LANA MINERAL³⁰



Lana Mineral

- **DESCRIPCION**

Panel autoportante de lana mineral dotado de elevada resistencia mecánica y de altas prestaciones absorbentes. Se instala mediante un soporte de perfilería vista estándar.

- **APLICACION**

Techo absorbente especialmente indicado para aumentar el confort auditivo y la armonía decorativa en salas polivalentes.

³⁰ www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

- **CARACTERISTICAS TECNICAS**

Espesor:	25 y 50 mm.
Presentación:	Placas de 1.195 y de 595 x 595 mm.

- **RELACION COEFICIENTE DE ABSORCION Y LA FRECUENCIA**

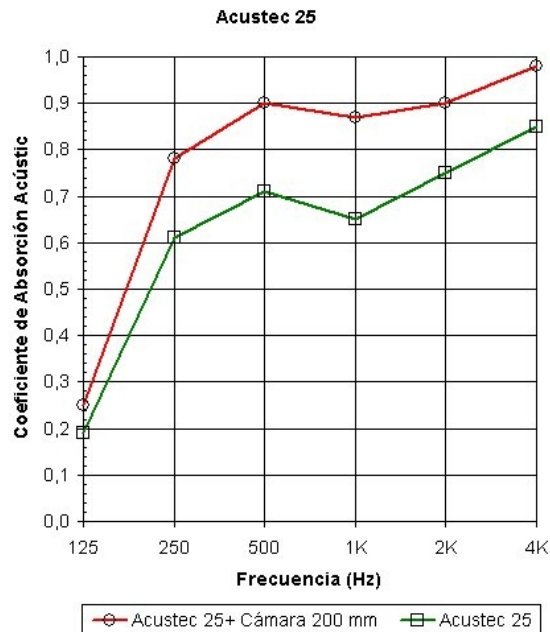


Gráfico 2.3. Relación coeficiente de absorción y la frecuencia lana mineral

2.12.3. LANA DE VIDRIO³¹

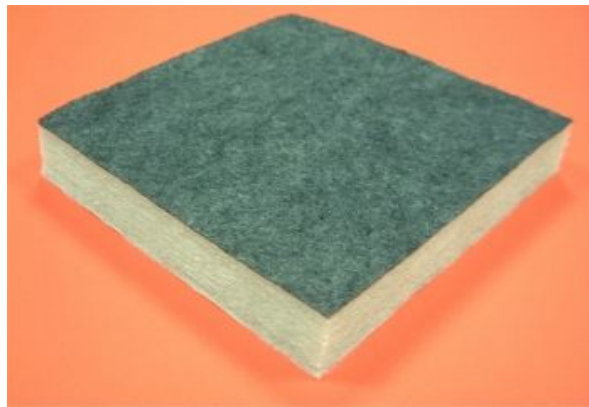
Propiedades Técnicas

La lana de vidrio es un material compuesto. Está constituido por fibras desordenadas, que impiden las corrientes de convección del aire. Es evidente que la conductividad térmica del fieltro será no una conductividad sólida real, sino una conductividad aparente y que será el balance de los efectos conjugados de varios procesos de cambios de calor. La lana de vidrio es incombustible, inatacable por los agentes exteriores: aire, vapor de agua, ácidos (excepto de fluorhídrico) y bases no concentradas.

³¹ CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Aislamiento en la Industria, Generalidades”, Informe Interno. s/f

El pH de la composición, 7 aproximadamente, asegura a la fibra una estabilidad total, incluso en medio húmedo y garantiza al usuario la no existencia de corrosión de los metales en contacto con ella. Su elasticidad le permite ser el material que mejor se adapta a la técnica de los “suelos flotantes”. Igualmente le permite mejorar sensibilidad el índice de aislamiento acústico en dobles tabiques.

2.12.4. FIBRA DE POLIÉSTER³²



Fibra de Poliéster

Propiedades Técnicas

Material absorbente compuesto de fibra de poliéster, totalmente reciclable y con un acabado altamente decorativo. Resistente al polvo, no pierde peso por deterioro ni se deshilacha, siendo un producto muy agradable al tacto.

Temperatura útil: -50°C a 120 °C

Resistencia al fuego: M3 según LGAI nº 20017302

Ideal para forrar conductos de climatización. No desprende partículas.

Adecuado para el tratamiento absorbente de superficies en cuartos de máquinas y en recubrimiento de carcasas.

Presentación: Placas de 2.000 x 1.000 mm.

Espesor: 25 mm.

Densidad: 35 Kg/m³

³² www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

- **RELACION COEFICIENTE DE ABSORCION Y LA FRECUENCIA**

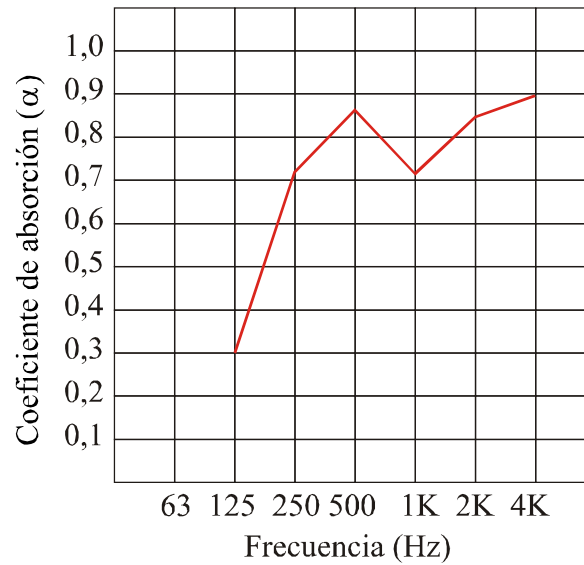


Gráfico 2.4. Relación coeficiente de absorción y la frecuencia de Fibra de Poliéster

2.12.5. POLIURETANO³³



Poliuretano

Es un material acústico expandido absorbente sobre el cual se ha seguido un tratamiento especial de compresión alveolar, presentando un nivel superior de absorción, mayor que otros materiales de igual espesor pero no tratados en su superficie, permitiendo un notable ahorro de material.

³³ www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

El poliuretano expandido tiene las siguientes características:

- Flexible
- De célula abierta
- Con impresión alveolar superficial que le da relieve.
- Aumenta el coeficiente de absorción en las bandas de frecuencias medio-altas.

Ventajas del poliuretano:

Superficie estéticamente confortable.

Superficie suficientemente resistente a la absorción de aceite o líquidos de alta viscosidad

Aumento de la resistencia mecánica superficial a la abrasión.

Presentación: Rollos de 1.400 mm. De ancho.

Espesor: 6, 13, 19, 25 mm

Densidad: 30 Kg/m³

• **RELACION COEFICIENTE DE ABSORCION Y FRECUENCIA**

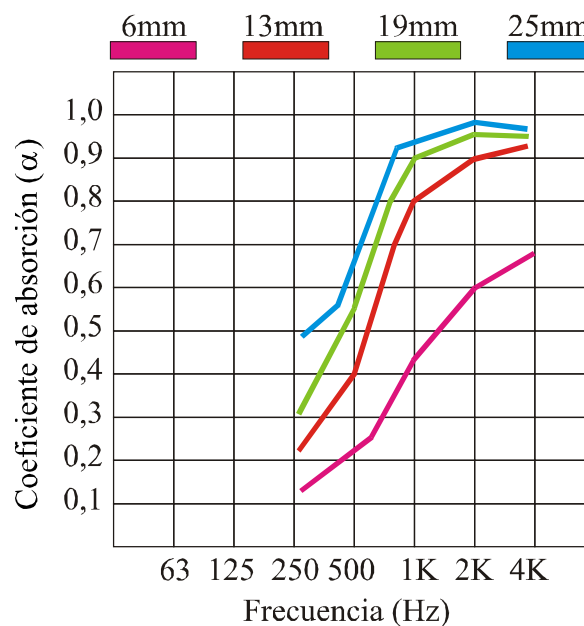


Gráfico 2.5. Relación coeficiente de absorción y frecuencia Poliuretano

2.12.6. LAMINA BASE PLOMO³⁴

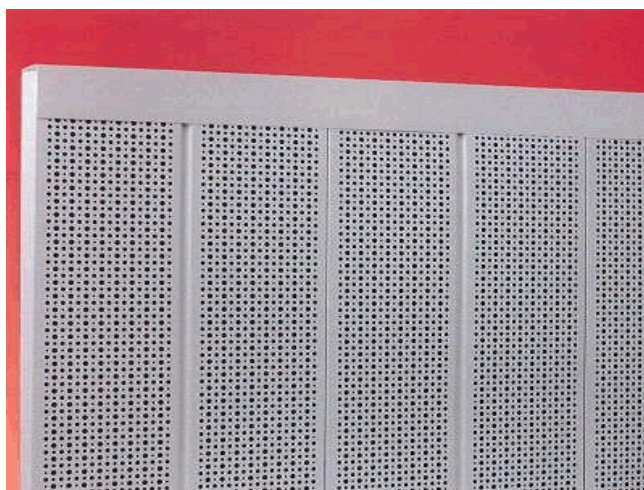
Está constituido por una lámina base de plomo, es un aislante acústico por excelencia, recubierta por ambas caras de material absorbente, de poliuretano expandido. Una de las caras absorbentes tiene un espesor de 6 mm. y la otra es de espesor variable entre 6, 13, 19 ó 25 mm. La masa y elasticidad del plomo permiten dotar de una gran calidad acústica a este producto, por lo cual este compuesto está especialmente diseñado para trabajar como aislante al paso del ruido por vía aérea. Es un compuesto ideal como complemento en paneles preinstalados que quieran ser dotados de gran aislamiento, introduciendo además un absorbente de cavidad y un acabado absorbente exterior presentado por sus dos caras de poliuretano expandido.

Presentación: 1400 x 1000 mm.

Espesor: 12, 19, 25 ó 31 mm.

Peso: Desde 5 Kg/m²

2.12.7. CHAPA GALVANIZADA³⁴



Chapa Galvanizada

Panel absorbente multiperforado fabricado en chapa galvanizada y prelacada con perforaciones de diámetros diferentes. Altamente decorativo debido a su perfecto acabado. Su elevada resistencia hace que sea apta para todo tipo de salas polivalentes, salas de máquinas, restaurantes, piscinas, etc.

³⁴ www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

Presentación: Paneles de 3.000 x 300 mm.

Espesor: 50 mm.

Peso: 6,48 Kg/m²

- **COEFICIENTE RELACION DEL DE ABSORCION DEL MATERIAL CON LA FRECUENCIA**

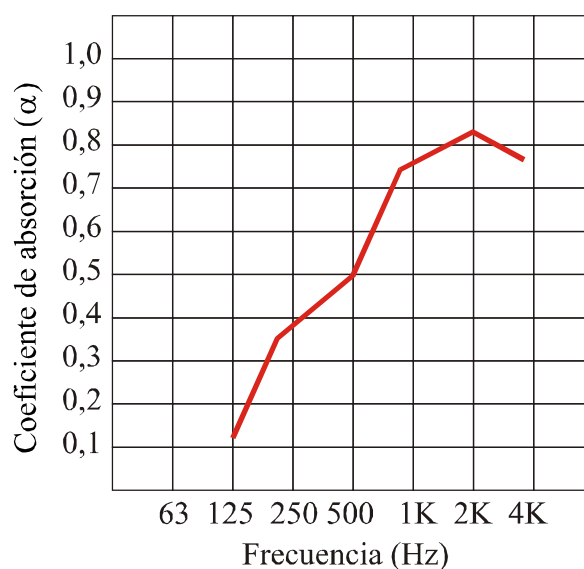


Gráfico 2.6. Coeficiente relación del de absorción del material con la frecuencia Chapa Galvanizada

2.12.8. DIFUSORES Y RESONADORES³⁵



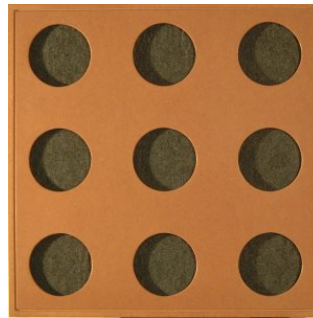
Difusores y Resonadores

Son elementos autoportantes para instalación en todo tipo de salas.

³⁵ www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

Su misión es la de eliminar las reflexiones indeseables que se producen cuando el sonido incide directamente sobre las superficies de la sala, sin disminuir el tiempo de reverberación.

Existen en el mercado una gran variedad de difusores y resonadores, se presenta como ejemplo el siguiente:



TR-R9

TR-R9

- Panel Resonador de Baja frecuencia.
- Construido en madera DM en barniz natural.
- Interior absorbente en Acustifiber PC.
- Dimensiones: 595 x 595 mm.
- Fabricado en dos profundidades: 200 y 400 mm.
- Ideal para corregir la reverberación a bajas y medias frecuencias.

CAPITULO 3

3. PARTE EXPERIMENTAL

Para desarrollar el presente trabajo se han ejecutado las siguientes actividades:

- Realización de una encuesta a los trabajadores de casa de máquinas para recopilar información acerca de la influencia del ruido.
- Monitoreo mensual por 6 meses de nivel de ruido en 11 puntos dentro de Casa de Máquinas, tomados con una frecuencia de 125, 500, 1000, 2000 Hz.
- Recopilación de exámenes de audiometría del Departamento de Salud de la Empresa ECUAELECTRICIDAD, tanto a trabajadores que operan en Casa de Máquinas como en el área administrativa. Los datos obtenidos corresponden a los años 2001-2005.
- Diseño de una Cabina Acústica para el cubrir el Sistema de Regulación.

3.1. METODOLOGÍA DE LA ENCUESTA

En el mes de enero del 2005, se realizó una encuesta a los trabajadores que están expuestos al ruido en Casa de Máquinas, divididos según sus respectivas áreas de trabajo, que son el área de MANTENIMIENTO, (que corresponde la parte Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Civil), el área de OPERACIÓN y el área de SERVICIO. La encuesta estuvo orientada a recabar de los trabajadores información sobre:

- El tiempo de exposición al ruido a que un operador está sometido diariamente.
- Como las personas consideran su área de trabajo en función al ruido.
- Posible afectación a la salud como consecuencia del ruido de Casa de Máquinas.
- Medidas de protección utilizadas.
- Percepción sobre el ruido de las máquinas.
- Sugerencias de mitigación para disminuir la contaminación acústica.

El formato de la encuesta consta en el Anexo 1.

Las áreas mencionadas tienen los siguientes turnos de trabajo:

1er Turno: 9 días de trabajo y 5 días de descanso.

2do Turno: 5 días de trabajo y 2 días de descanso.

3er Turno: 9 días de trabajo y 6 días de descanso.

4to Turno: 8 días de trabajo y 8 días de descanso.

5to Turno: 8 días de trabajo y 6 días de descanso.

El número de encuestas realizadas fue de 31, dividiéndose así:

12 trabajadores en el área Mecánica,
8 trabajadores en el área Eléctrica,
5 trabajadores en el área Electrónica,
2 trabajadores en el área Civil,
4 trabajadores en el área de Operación.

3.2. METODOLOGÍA DE MONITOREO

Los puntos de muestreo para el monitoreo de ruido fueron seleccionados por medio de los resultados de la encuesta, los mismos que se determinaron en función de las máquinas más ruidosas. Se establecieron 7 puntos iguales a cada una de las 10 unidades de generación. Los 4 puntos restantes son puntos clave, no dependen de las unidades de generación pero son lugares donde el personal pasa expuesto el mayor tiempo al ruido. Los puntos se detallan en la Tabla 3.1. con los respectivos niveles de altitud en los que se encuentran, y en los mapas de los Puntos de Muestreo, Anexos 12 al 25. Los monitoreos de ruido se realizaron desde el mes de Enero hasta Junio del 2005 obteniendo datos mensuales (a excepción de los 4 puntos clave, que fueron medidos una sola vez), de esta manera se abarcó épocas de sequía y épocas de alta precipitación, correlacionables con el número de equipos de generación funcionando simultáneamente. Las mediciones fueron realizadas durante 3 días por 6 horas diarias, en actividades normales en los puntos asignados a cada unidad. Los datos del monitoreo constan en los Anexos 2 a 8. Es importante mencionar que todo el estudio se realizó para determinar las condiciones actuales y reales del ruido, sin utilizar ningún tipo de protección auditiva. Para realizar el monitoreo de ruido se utilizó un sonómetro de bandas de octava. Se monitoreó en las siguientes frecuencias: 125, 500, 1 y 2 (Hz). Simultáneamente, se midieron parámetros como la humedad, la temperatura, y se obtuvo la cantidad de generación de las unidades en funcionamiento. Los primeros 2 parámetros fueron medidos en los mismos puntos de muestreo de ruido, y con la misma frecuencia de medición. La información sobre las unidades en funcionamiento al momento de la medición fue proporcionada por el personal en turno. De los datos obtenidos durante el muestreo solo fueron considerados posteriormente los de aquellas unidades que estuvieron funcionando en ese momento. Los datos respectivos se muestran en los Anexos 9, 10 y 11. Se verificó los certificados de calibración de los equipos (sonómetro, higrómetro, termómetro), que se utilizaron para los respectivos monitoreos de ruido, humedad y temperatura antes de proceder a las mediciones.

PUNTOS DE MONITOREO DE RUIDO		
PUNTOS	NIVEL ALTITUDINAL	NOMBRE DE LA MAQUINA
1	1333	Centro de Carga
2	1329	Recinto del Generador
3	1325	Acople Turbina-Generador
5	1327	UCB
6	1327	Sistema de Regulación
7	1322	Ventilación
8	1322.05	Válvula Esférica
9	1327	Oficinas
10	1327	CAS (prendido el aire acondicionado)
11	1327	CAS (apagado el aire acondicionado)
12	1325	Bodegas

Tabla 3.1. Puntos de monitoreo de ruido

3.3. METODOLOGÍA DE AUDIOMETRÍA³⁶

Los resultados de los exámenes de audiometría realizados al personal cada año, se obtuvieron en el Departamento de Salud de la empresa Ecuaelectricidad. Se requirió información de 6 trabajadores que estén en contacto con las máquinas y de 6 trabajadores que no estén en contacto con ellas. Se recopilaron exámenes desde el año 2001 hasta el 2005 para comparar los datos, y determinar si existen daños auditivos en los trabajadores. Para la realización correcta de una audiometría se deben cumplir una serie de requisitos:

1. No haber estado expuesto a ruido en las 8 horas previas a su realización. Por ejemplo no es correcto realizar una audiometría al salir de trabajar.
2. La prueba debe ser individual y en local apropiado, sin ruidos y con cabina individual insonorizada (Norma ISO 6189-1983).
3. El personal que la realice debe tener acreditada formación y entrenamiento en estas técnicas.
4. Los audiómetros deben tener documentada su calibración y revisión periódica. Al menos cada 2 años o cada 1.000 audiometrías deben ser calibrados.

³⁶ Leonardo Bermeo, Manual de Procedimientos de Seguridad para la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute

Para la graficación de datos se utilizó el programa CorelDRAW 11.

La progresión de la afectación pasa por diferentes grados, según la siguiente clasificación de la afección progresiva sonora:³⁷

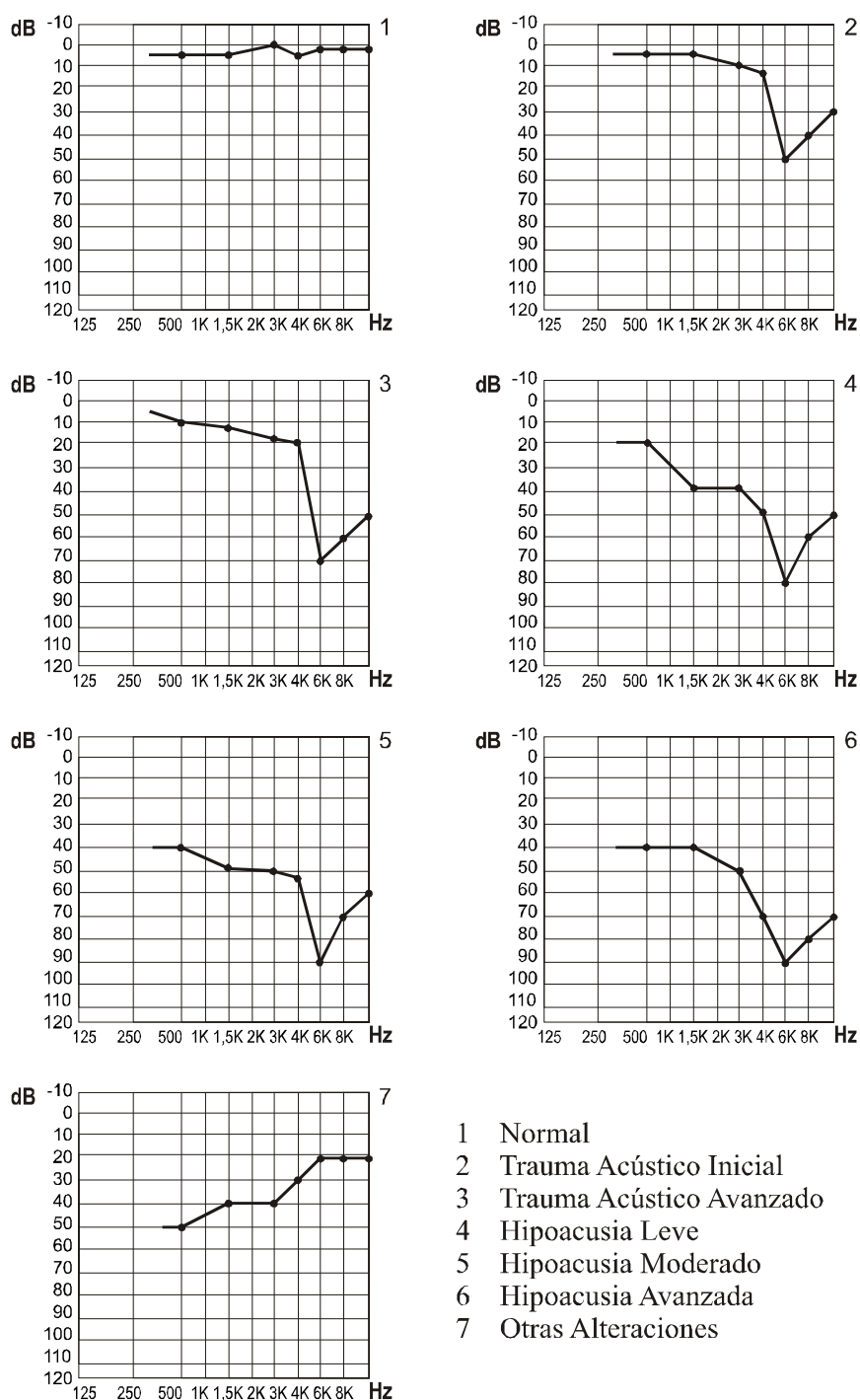


Gráfico 3.1. Vigilancia Epidemiológica

³⁷ Leonardo Bermeo, Manual de Procedimientos de Seguridad para la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute

3.4. METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA CABINA ACÚSTICA

Es esencial conocer varios factores antes de diseñar una cabina antirruído, como el uso que a ésta se le dará, y el entorno en donde se ubicará, definir las técnicas, materiales, métodos, y los sistemas que se emplearán. Para el diseño de la cabina acústica se tomó en cuenta las experiencias de datos anteriores de la cabina piloto que se encuentra ubicada en Casa de Máquinas, en el nivel 1327, protegiendo el Sistema de Regulación de la unidad 1.

Se buscó información para analizar materiales acústicos absorbentes idóneos que puedan servir para el recubrimiento de la cabina; dicha búsqueda se realizó en Internet (www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm), en manuales (universidad del BIO-BIO, aislación acústica) y mediante encuestas (operadores de la central Hidroeléctrica Paute).

Los resultados del monitoreo indican que el sistema de regulación emite un valor máximo de ruido de 103.4 dB, por lo cual el objetivo planteado para el diseño de la cabina acústica, es el de reducir el ruido en un rango de 30 dB a 40 dB, con el fin de ubicarse cerca del límite permisible como lo indica la norma (TULAS – límite permisible 70dB para industrias). Por medio de cálculos obtenidos del manual de la Universidad del BIO-BIO de Chile, se compararon tres opciones de diseño, según se describe en el Capítulo 5.1.

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS

3.5.1. ENCUESTA

La encuesta realizada a los trabajadores expuestos al ruido de Casa de Máquinas fue procesada mediante el método estadístico SPSS. Los resultados se tabularon en función de la frecuencia de las respuestas, y están descritas en el punto 4.1.

3.5.2. MONITOREO

Los datos del monitoreo de ruido realizado durante el desarrollo del trabajo fueron procesados mediante el Método de Hansen. Este método sirvió para definir los niveles máximos y los niveles mínimos de ruido en toda la Casa de Máquinas. Para el tratamiento de datos se tomaron únicamente los valores de monitoreo de ruido correspondientes a la frecuencia de 1Hz. Estos resultados constan en el punto 4.2.

Posteriormente, con los datos obtenidos por medio del Método de Hansen se comparó con las normas aplicables, en este caso se utilizó el TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria). Al realizar una comparación entre los valores de Temperatura y Cantidad de Generación se establece una relación directamente proporcional entre estos. Con los valores de humedad no se puede establecer una relación clara dado que la humedad es independiente de la temperatura o la presión.

3.5.3. AUDIOMETRÍA

Con los datos proporcionados por el Departamento de Salud de la empresa Ecuaelectricidad, se pudo comparar los diferentes daños ocasionados por el ruido, a doce trabajadores, como puede apreciarse en el punto 4.3.

CAPITULO 4

4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

En la tabla 4.1, se indica específicamente las horas que cada trabajador, en su área de trabajo correspondiente, está expuesto al ruido de Casa de Máquinas. Si se observa en la tabla, la mayoría de los encuestados están expuestos al ruido períodos de 8 y 9 horas diarias de trabajo.

Tabla 4.1.

Area de trabajo * Que tiempo en horas esta expuesta al ruido? Crosstabulation

Count		Que tiempo en horas esta expuesta al ruido?							Total
		2	3	6	8	9	10	12	
Area de trabajo	mecánico	2		1	2	7			12
	eléctrico				1	7			8
	electrónico		1			3	1		5
	civil	2							2
	operación			1	2			1	4
Total		4	1	2	5	17	1	1	31

La tabla 4.2, indica cómo las personas consideran su área de trabajo, en base a opciones como un ambiente silencioso, aceptable, ruidoso, muy ruidoso, e insoportable. En los resultados se pueden observar que se han escogido tres tipos de ambientes: aceptable, ruidoso y muy ruidoso.

Tabla 4.2.

Area de trabajo * Como considera Ud. su ambiente de trabajo? Crosstabulation

Count		Como considera Ud. su ambiente de trabajo?			Total
		aceptable	ruidoso	muy ruidoso	
Area de trabajo	mecánico	3	5	4	12
	eléctrico	1	3	4	8
	electrónico	1	1	3	5
	civil	1	1		2
	operación		4		4
Total		6	14	11	31

Una de las preguntas de mayor interés, fue: **¿Qué máquinas consideran que hacen más ruido?.** De las respuestas se obtuvieron los siguientes datos:

La Tabla 4.3.1 hace referencia al **Sistema de Regulación de Velocidad**, la misma que indica que de 31 trabajadores, 24 respondieron que sí es una de las máquinas que mas ruido hace.

Tabla 4.3.1

BOMREVE				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	7	22,6	22,6	22,6
si	24	77,4	77,4	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Barril del Generador

Tabla 4.3.2

El 61.3% están de acuerdo con que esta máquina emite mucho ruido

BARRILGE				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	12	38,7	38,7	38,7
si	19	61,3	61,3	100,0
Total	31	100,0	100,0	

SAE

Tabla 4.3.3

SAE				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	25	80,6	80,6	80,6
si	6	19,4	19,4	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Pistola Neumática

Tabla 4.3.4

PISTNEU				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	29	93,5	93,5	93,5
si	2	6,5	6,5	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Ventiladores de Excitación

Tabla 4.3.5

VENTILA				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	29	93,5	93,5	93,5
si	2	6,5	6,5	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Válvula Esférica

Tabla 4.3.6

VALVESFE				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	30	96,8	96,8	96,8
si	1	3,2	3,2	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Turbinas

Tabla 4.3.7

TURBINA				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	27	87,1	87,1	87,1
si	4	12,9	12,9	100,0
Total	31	100,0	100,0	

Las tablas a continuación detallan la afectación a la salud que tienen los trabajadores por consecuencia del ruido. Como se puede observar el Área Mecánica es la más afectada por los niveles altos de ruido en Casa de Máquinas.

Tabla 4.4.

Area de trabajo * Cree Ud. que el ruido ha afectado su salud?
Crosstabulation

			Cree Ud. que el ruido ha afectado su salud?		Total
			SI	NO	
Area de trabajo	mecánico	Count	9	3	12
		% of Total	29,0%	9,7%	38,7%
	eléctrico	Count	5	3	8
		% of Total	16,1%	9,7%	25,8%
	electrónico	Count	4	1	5
		% of Total	12,9%	3,2%	16,1%
	civil	Count		2	2
		% of Total		6,5%	6,5%
	operación	Count	2	2	4
		% of Total	6,5%	6,5%	12,9%
Total	Count	20	11	31	
	% of Total	64,5%	35,5%	100,0%	

Cree Ud. que el ruido ha afectado su salud?

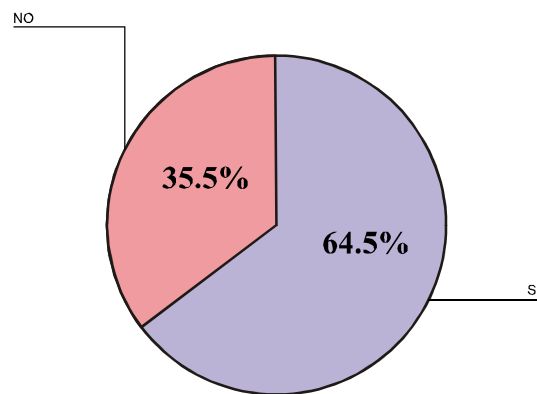


Gráfico 4.1. Resultado de la afección de salud

Tabla 4.5.

Area de trabajo * Si su salud fue afectada en que porcentaje? Crosstabulation

			Si su salud fue afectada en que porcentaje?				Total
			0%	20%	40%	60%	
Area de trabajo	mecánico	Count	5	5	1	1	12
		% of Total	16,1%	16,1%	3,2%	3,2%	38,7%
	eléctrico	Count	2	5	1		8
		% of Total	6,5%	16,1%	3,2%		25,8%
	electrónico	Count	2	1	2		5
		% of Total	6,5%	3,2%	6,5%		16,1%
	civil	Count	2				2
		% of Total	6,5%				6,5%
	operación	Count	2	1	1		4
		% of Total	6,5%	3,2%	3,2%		12,9%
Total	Count	13	12	5	1	31	
	% of Total	41,9%	38,7%	16,1%	3,2%	100,0%	

Cree Ud. que el ruido ha afectado su salud?

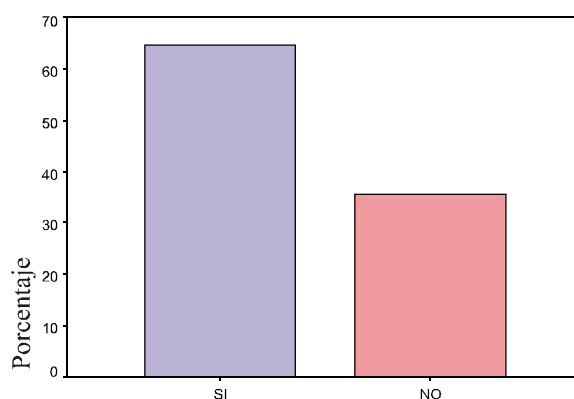


Gráfico 4.2. Resultado porcentaje de afección

¿Está satisfecho con las medidas de seguridad existentes?

Lo que se pretende con esta pregunta es saber si los trabajadores creen que es suficiente usar protección personal para mitigar el ruido en Casa de Máquinas, y también, saber si los equipos correspondientes a seguridad que utilizan son los adecuados para este trabajo. En la Tabla 4.6 se detalla si el trabajador está satisfecho o no con las medidas de seguridad existentes; como se puede observar, las respuestas de los trabajadores indican una situación de indefinición con respecto al valor de las medidas de seguridad.

Tabla 4.6.

Area de trabajo * Esta satisfecho con las medidas de seguridad existentes? Crosstabul

			Esta satisfecho con las medidas de seguridad existentes?			Total
			satisfecho	Ni satisfecho ni insatisfecho	insatisfecho	
Area de trabajo	mecánico	Count	4	4	4	12
		% of Total	12,9%	12,9%	12,9%	38,7%
	eléctrico	Count	2	2	4	8
		% of Total	6,5%	6,5%	12,9%	25,8%
	electrónico	Count	1	3	1	5
		% of Total	3,2%	9,7%	3,2%	16,1%
	civil	Count	1	1		2
		% of Total	3,2%	3,2%		6,5%
operación	Count	2	2		4	
	% of Total	6,5%	6,5%		12,9%	
Total		Count	10	12	9	31
		% of Total	32.3%	38.7%	29.0%	100.0%

Esta satisfecho con las med. de seguridad existentes?

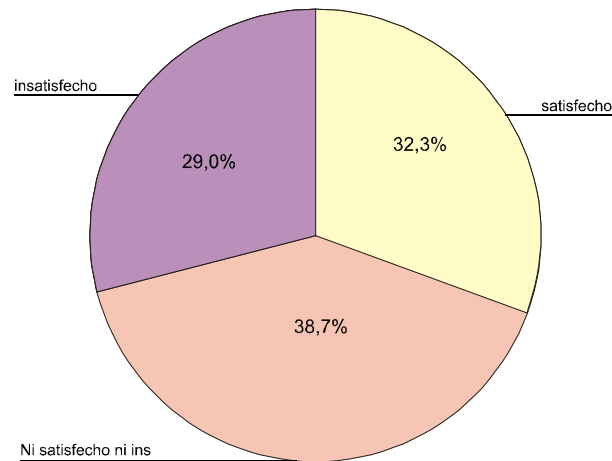


Gráfico 4.3. Resultado de la tabla 4.6

En la Tabla 4.6.1 se indica si los trabajadores utilizan medidas de seguridad o no las utilizan.

Tabla 4.6.1.

Area de trabajo * MEDSEGNO Crosstabulation

Count		MEDSEGNO			Total
		SI	NO		
Area de trabajo	mecánico	10	1	1	12
	eléctrico	7	1		8
	electrónico	4	1		5
	civil	1	1		2
	operación	4			4
Total		26	4	1	31

Se plantearon diferentes medidas de seguridad (tapones, orejeras, zapatos, mascarillas, guantes), para conocer cuál de ellas utilizan los operadores; el resultado de las respuestas se indica en las Tablas siguientes:

Tabla 4.6.2. Tapones (MEDSEGTA)

Area de trabajo * MEDSEGTA Crosstabulation

Count		MEDSEGTA		Total
		SI		
Area de trabajo	mecánico	11	1	12
	eléctrico	5	3	8
	electrónico	3	2	5
	civil	1	1	2
	operación	4		4
Total		24	7	31

Tabla 4.6.3. Orejeras (MEDSEGOR)**Area de trabajo * MEDSEGOR Crosstabulation**

Count		MEDSEGOR		Total
		SI		
Area de trabajo	mecánico	2	10	12
	eléctrico	5	3	8
	electrónico	3	2	5
	civil		2	2
	operación	3	1	4
Total		13	18	31

Tabla 4.6.4. Zapatos Antideslizantes (MEDSEGZA)**Area de trabajo * MEDSEGZA Crosstabulation**

Count		MEDSEGZA		Total
		SI		
Area de trabajo	mecánico		12	12
	eléctrico		8	8
	electrónico		5	5
	civil		2	2
	operación	1	3	4
Total		1	30	31

Tabla 4.6.5. Mascarillas (MEDSEGMA)**Area de trabajo * MEDSEGMA Crosstabulation**

Count		MEDSEGMA		Total
		SI		
Area de trabajo	mecánico	1	11	12
	eléctrico	1	7	8
	electrónico	1	4	5
	civil	1	1	2
	operación		4	4
Total		4	27	31

Tabla 4.6.6. Guantes (MEDSEGGU)**Area de trabajo * MEDSEGGU Crosstabulation**

Count		MEDSEGGU		Total
		SI		
Area de trabajo	mecánico	1	11	12
	eléctrico	1	7	8
	electrónico	1	4	5
	civil		2	2
	operación		4	4
Total		3	28	31

NIVEL DE RUIDO

El 64.5% del personal que trabaja expuesto al ruido de Casa de Máquinas afirma que el nivel de ruido es constante durante todo el año, como se puede observar en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7.

Area de trabajo * El nivel de ruido es constante durante todo el año
Crosstabulation

			El nivel de ruido es constante durante todo el año?		Total
			SI	NO	
Area de trabajo	mecánico	Count	9	3	12
		% of Total	29,0%	9,7%	38,7%
	eléctrico	Count	5	3	8
		% of Total	16,1%	9,7%	25,8%
	electrónico	Count	3	2	5
		% of Total	9,7%	6,5%	16,1%
	civil	Count	1	1	2
		% of Total	3,2%	3,2%	6,5%
	operación	Count	2	2	4
		% of Total	6,5%	6,5%	12,9%
Total	Count	20	11	31	
	% of Total	64,5%	35,5%	100,0%	

Los resultados a la pregunta: **si el ruido no es constante ¿en qué período varía?** Se obtuvieron 31 respuestas, 16 de ellas no contestan; sin embargo, 9 trabajadores optan por la opción que en la estación de verano el nivel del ruido si varía.

Tabla 4.7.1.

Area de trabajo * Si el ruido no es constante en que periodo varia? Crosstabulation

Count		Si el ruido no es constante en que periodo varia?					
		invierno	verano	pocas máquinas en operación	muchas máquinas en operación	no contesta	Total
Area de trabajo	mecánico		2		1	9	12
	eléctrico		4	2		2	8
	electrónico		2			3	5
	civil	1	1				2
	operación	1		1		2	4
Total		2	9	3	1	16	31

SUGERENCIAS

Se solicitaron sugerencias respecto a posibles acciones a tomar para mitigar el ruido, como se puede observar en la Tabla 4.8., la mayor parte de los encuestados tomó como alternativa, el aislamiento de los lugares de trabajo, como medida de mitigación.

Tabla 4.8.

Area de trabajo * Que sugiere que se implementaria para mitigar el efecto de ruido en CM? Crosstabulation

Count		Que sugiere que se implementaria para mitigar el efecto de ruido en CM?			Total
		aislamiento de los lugares de trabajo	proteccion personal	múltiple	
	Area de trabajo				
	mecánico	3	3	6	12
	eléctrico	4	2	2	8
	electrónico	5			5
	civil	1	1		2
	operación	2		2	4
Total		15	6	10	31

4.2. RESULTADOS DEL MONITOREO

4.2.1. ANÁLISIS DEL RUIDO

Los niveles altos de ruido de ciertos equipos, hacen que el ruido sea constante y continuo en todo el sector, contaminando el ambiente de trabajo y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.

El nivel de presión sonora depende del número de unidades generadores que se encuentran funcionando, la cual es a su vez función de la carga requerida en ese momento. Los monitoreos parciales de las 10 unidades correspondientes a los meses de Enero a Junio del 2005, se presenta en los Anexos 3 al 8.

4.2.2. MÉTODO DE HANSEN

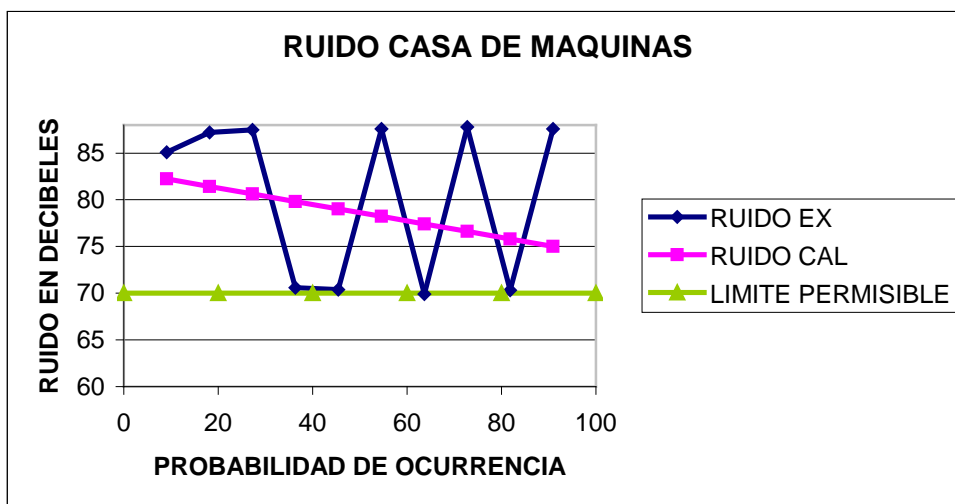
Utilizando el Método de Hansen, se procedió a encontrar la probabilidad de ocurrencia para cada una de las 10 unidades de Casa de Máquinas, obteniendo los siguientes resultados:

TABLA 4.9. Probabilidad de ocurrencia de cada unidad de casa de maquinas

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA						
Nº	PUNTOS	UNIDADES	10	25	50	90
1	UNIDAD 1	dB	85.8	85.5	85.1	84.3
2	UNIDAD 2	dB	88.0	87.7	87.2	86.3
3	UNIDAD 3	dB	88.0	87.8	87.5	86.9
4	UNIDAD 4	dB	89.7	89.1	88.1	86.5
5	UNIDAD 5	dB	89.2	88.7	88.0	86.7
6	UNIDAD 6	dB	88.1	87.9	87.6	87.1
7	UNIDAD 7	dB	88.0	87.8	87.4	86.9
8	UNIDAD 8	dB	89.2	88.7	87.7	86.3
9	UNIDAD 9	dB	89.6	88.9	87.8	86.1
10	UNIDAD 10	dB	87.7	87.7	87.7	87.6

A continuación se presenta en forma gráfica los resultados del tratamiento estadístico de Hansen, realizado a cada unidad. El Gráfico 4.4, indica el resultado de la probabilidad de ocurrencia de Casa de Máquinas, cuyos datos se demuestra en la Tabla anterior.

Gráfico 4.4. Resultados de la probabilidad de ocurrencia de cada unidad



A continuación se indica los resultados de los datos mensuales del monitoreo de ruido que se realizó a las unidades en funcionamiento. Se puede observar en los gráficos que los niveles de ruido producidos por las 10 unidades de generación, se encuentran dentro del rango de 80 dB(A) a 85 dB(A). Estos valores son preocupantes ya que sobrepasan el límite permisible correspondiente a la zona de Industrias (70 db (A)).

Gráfico 4.5. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 1

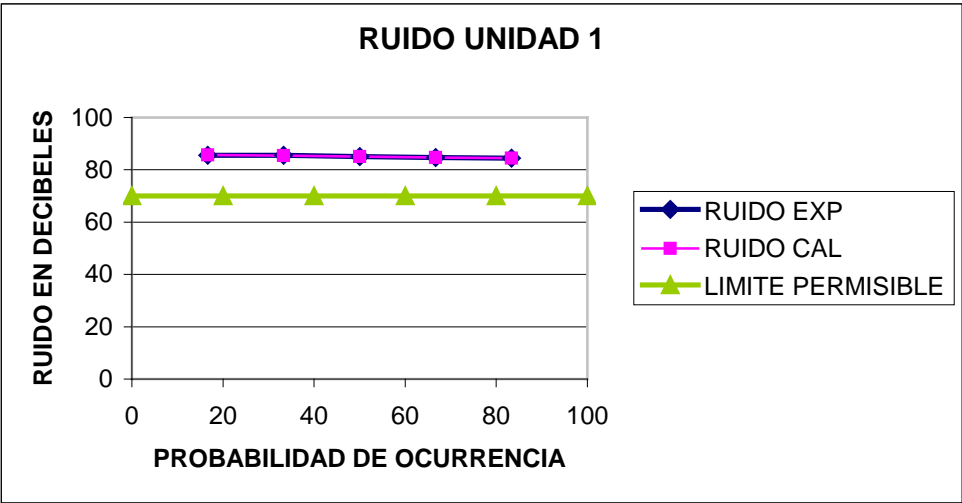


Gráfico 4.6. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 2

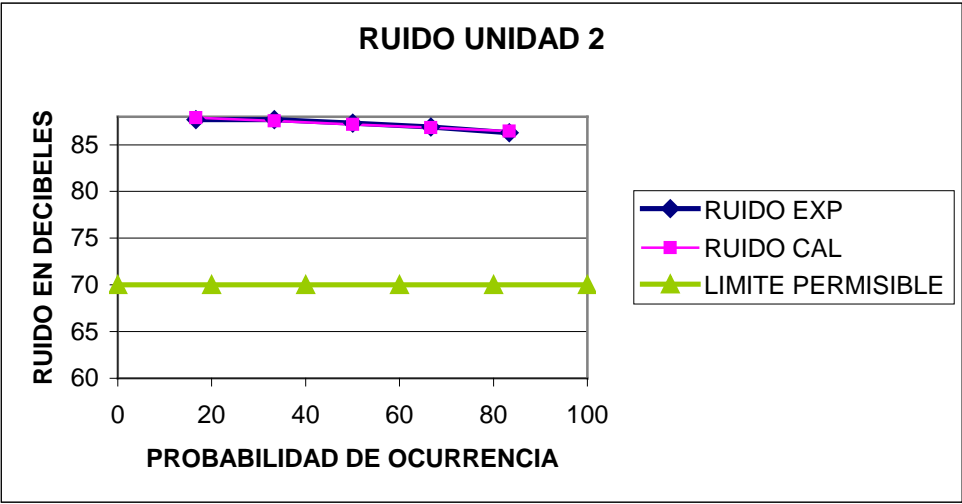


Gráfico 4.7. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 3

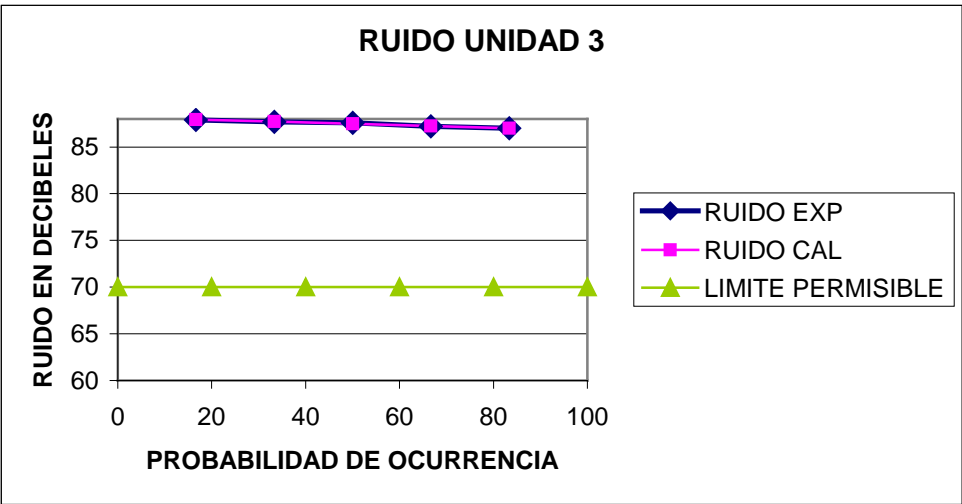


Gráfico 4.8. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 4

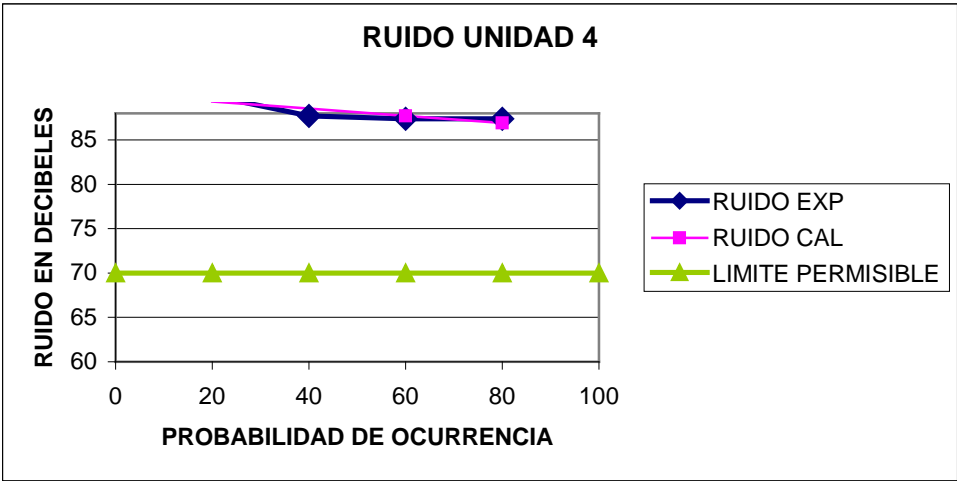


Gráfico 4.9. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 5

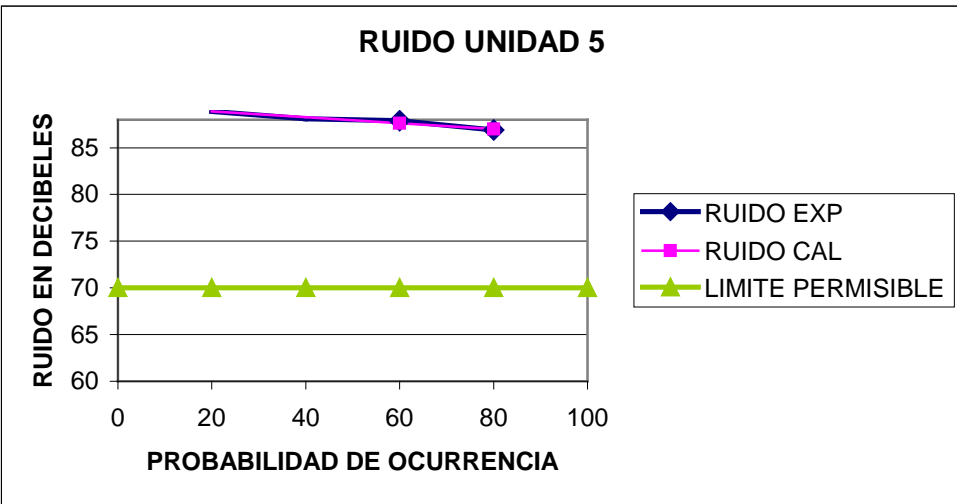


Gráfico 4.10. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 6

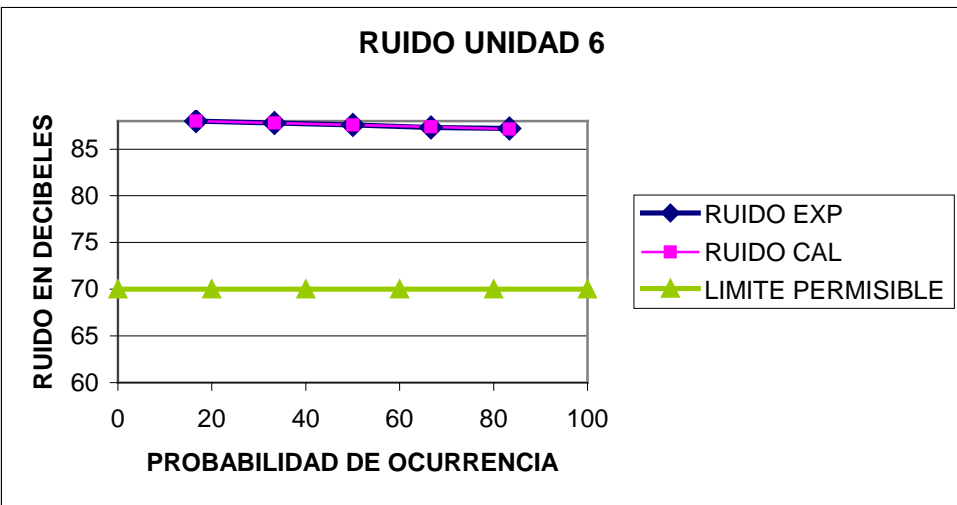


Gráfico 4.11. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 7

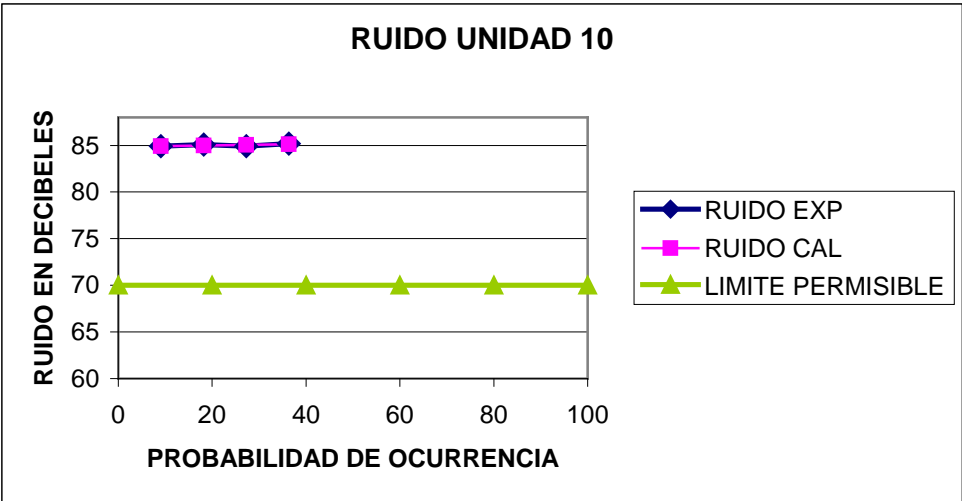


Gráfico 4.12. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 8

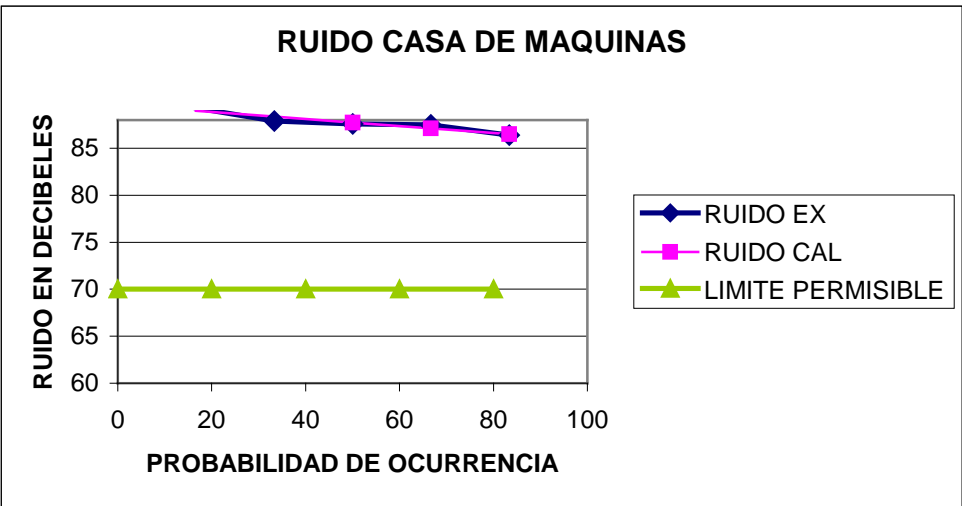


Gráfico 4.13. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 9

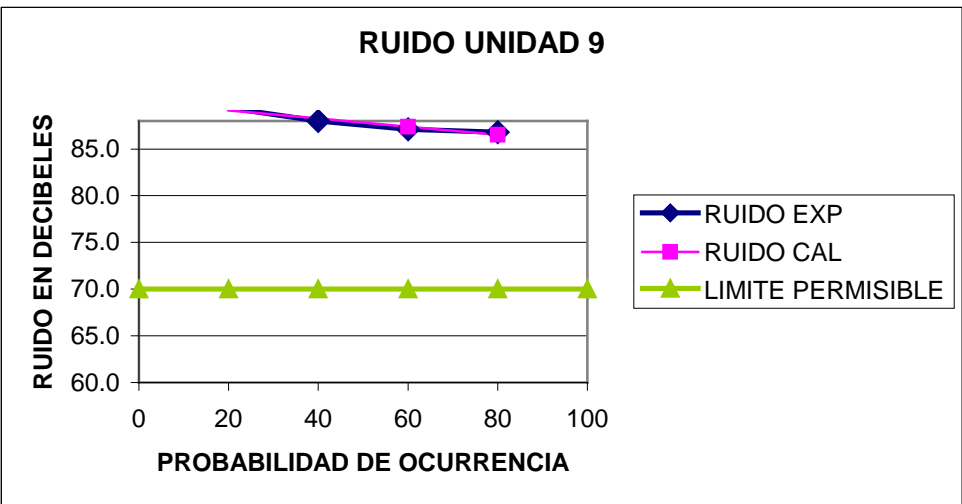
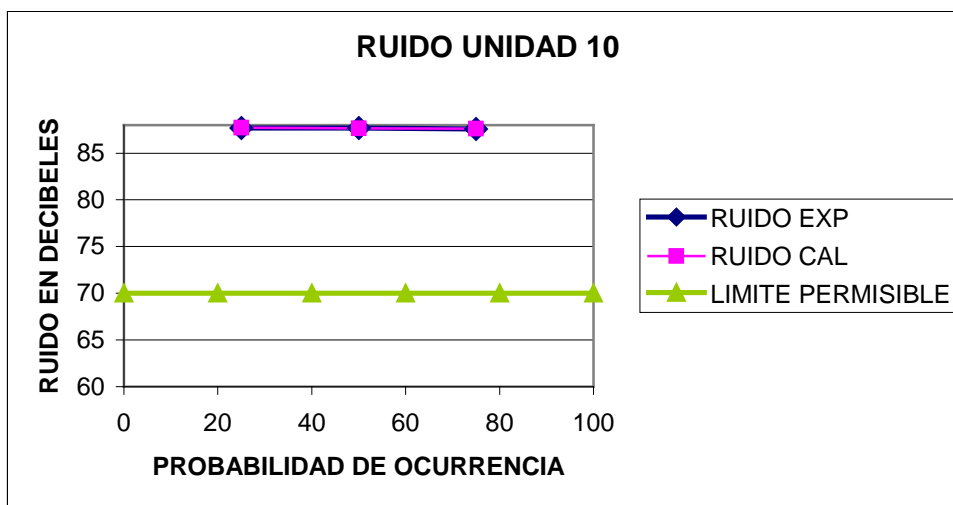


Gráfico 4.14. Promedio Mensual de datos de monitoreo de la Unidad 10



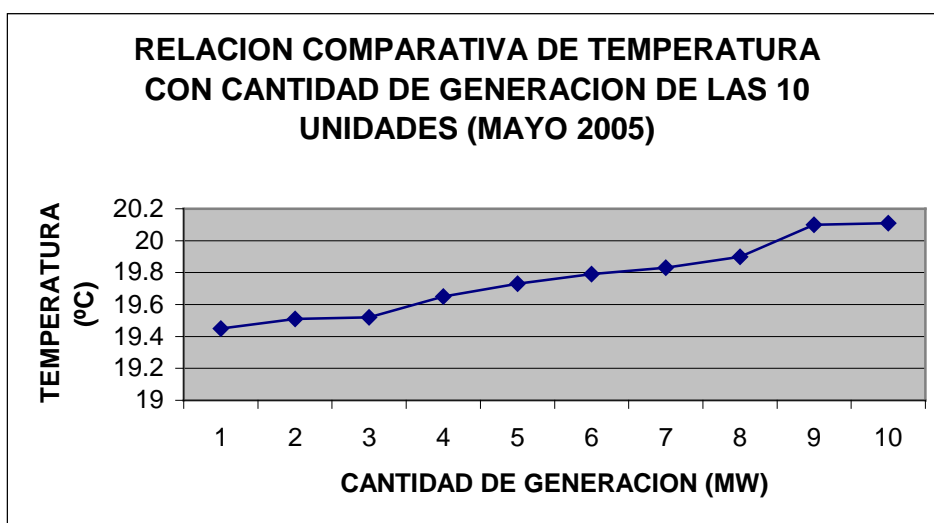
4.2.3. RESULTADOS DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y CANTIDAD DE GENERACIÓN

Los valores de monitoreo mensuales de Temperatura y Cantidad de Generación de las 10 Unidades se presentan en los Anexos 10 y 11. Para obtener resultados que indiquen una relación directamente proporcional entre los dos parámetros mencionados, se tomaron los valores promedio de temperatura de cada Unidad de Generación y se compararon con los valores promedio de Cantidad de Generación correspondientes al mes de Mayo del 2005; se procedió a escoger este mes por cuanto se encuentran en funcionamiento las 10 Unidades. A continuación se detallan los resultados:

UNIDAD DE GENERACION	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
TEMPERATURA (°C)	20.11	19.83	19.52	19.65	19.73	19.45	20.10	19.90	19.51	19.79
CANTIDAD DE GENERACIÓN (MW)	99.60	99.50	98.80	98.40	98.00	97.20	97.20	97.10	96.90	96.20

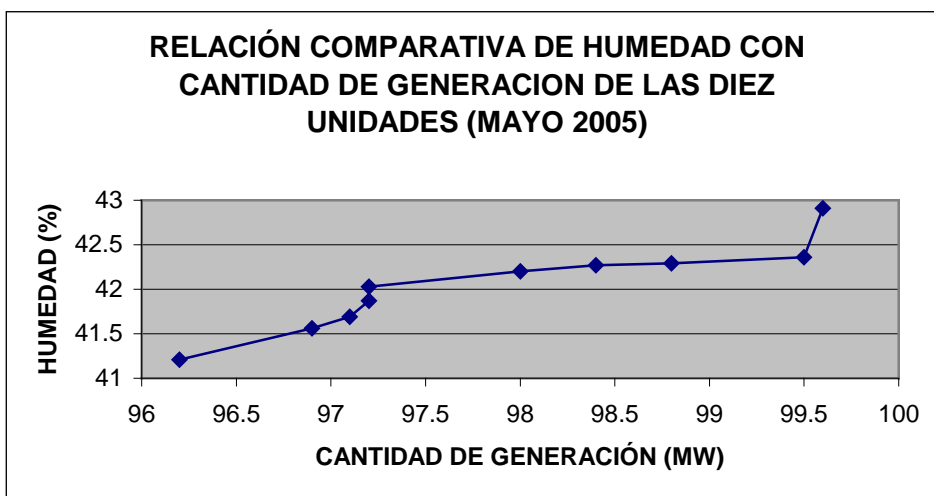
UNIDAD DE GENERACION	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
HUMEDAD (%)	42.20	42.90	41.80	41.20	42.20	41.50	42.30	42.30	41.70	42.00
CANTIDAD DE GENERACIÓN (MW)	99.60	99.50	98.80	98.40	98.00	97.20	97.20	97.10	96.90	96.20

Gráfico 4.15. Relación Comparativa de Temperatura con Cantidad de Generación



Este gráfico indica la relación que existe entre la Cantidad de Generación y la Temperatura, demostrando una relación directamente proporcional.

Gráfico 4.16. Relación Comparativa de Humedad con Cantidad de Generación



Este gráfico indica la relación directamente proporcional que existe entre la Cantidad de Generación y la Humedad. Por otra parte, no se pudo verificar ninguna correlación entre los parámetros Temperatura y Humedad.

4.3. RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA

Los siguientes resultados provienen de estudios audiométricos que el Departamento de Salud de ECUAELÉCTRICIDAD ha realizado a sus trabajadores. Se han escogido seis personas que no tienen contacto con máquinas (primeras seis personas) y seis entre las que sí las tienen (seis personas restantes).



ECUA
ELECTRICIDADSA

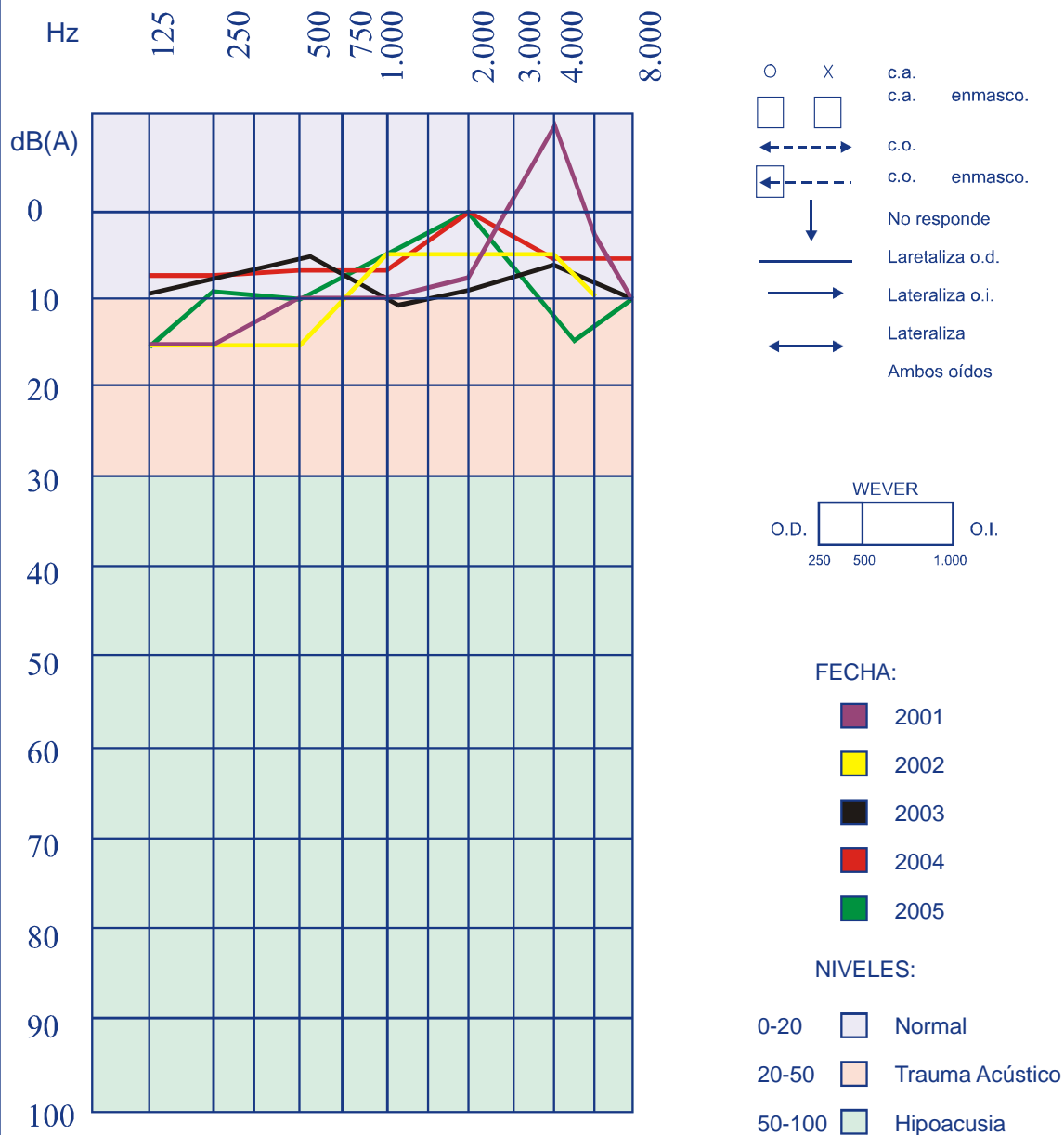
UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

NOMBRE: EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

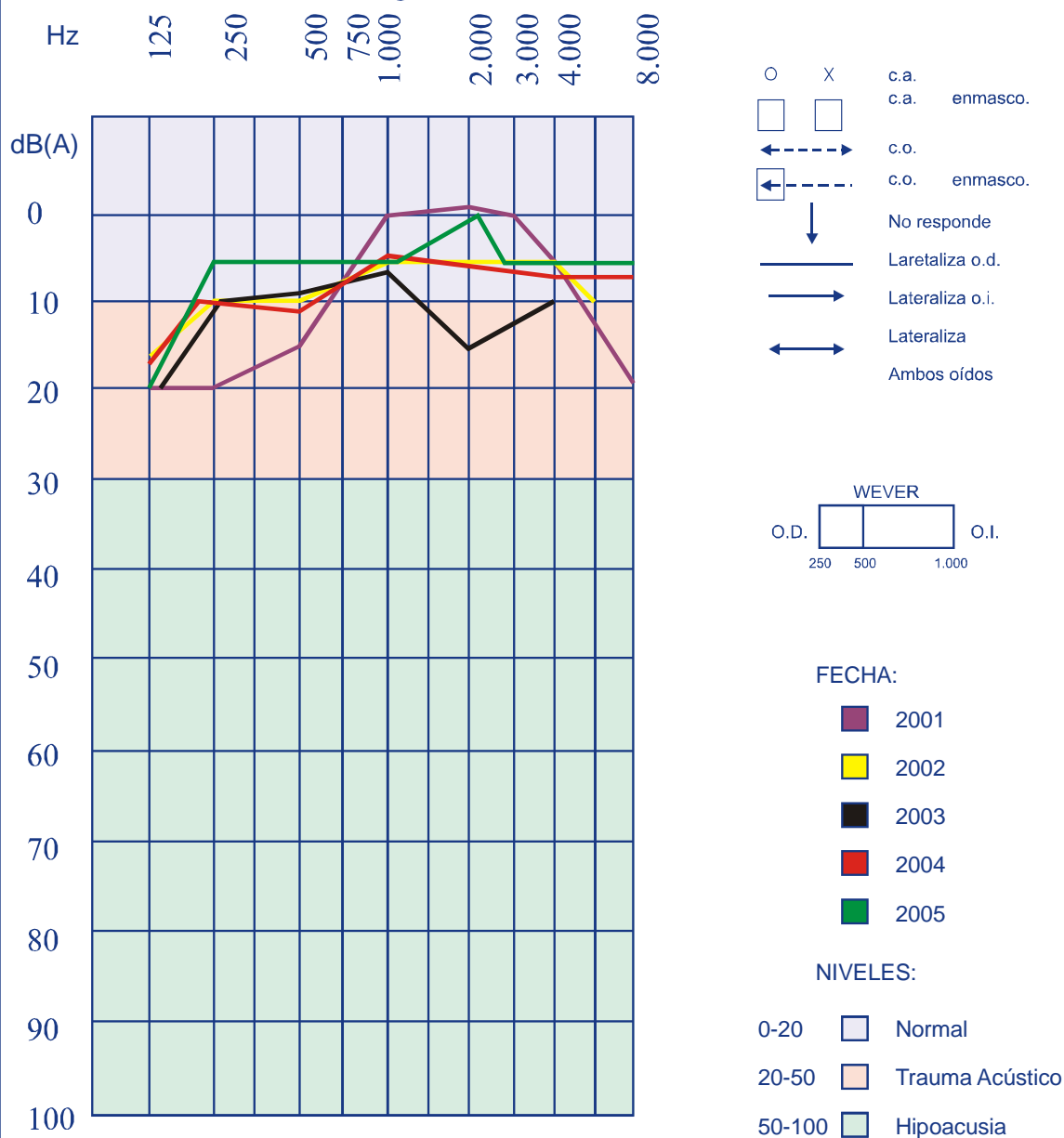
UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

NOMBRE: EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

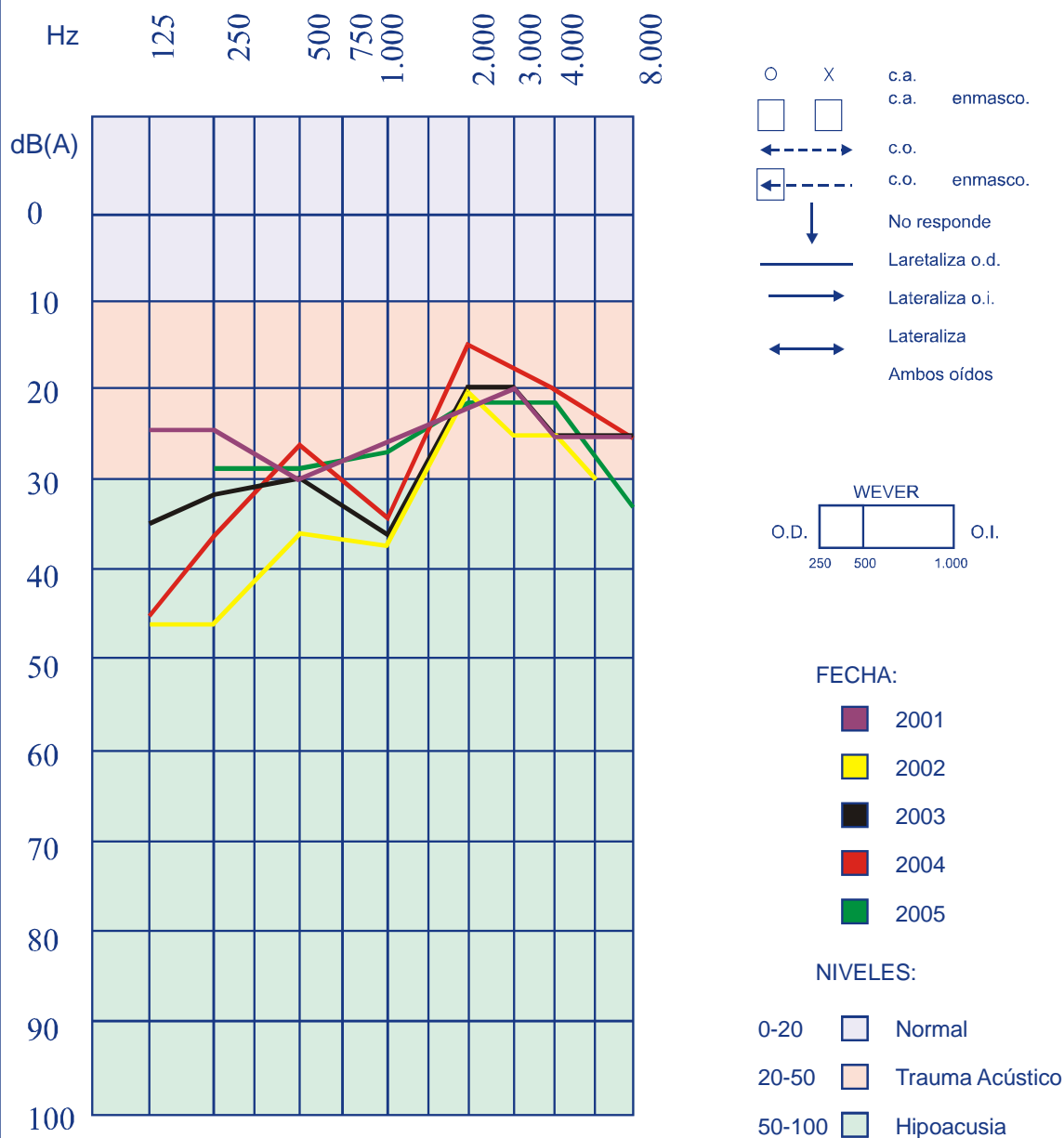
NOMBRE: Persona 2

EDAD: 52 años

PUESTO DE TRABAJO: Hidráulica

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

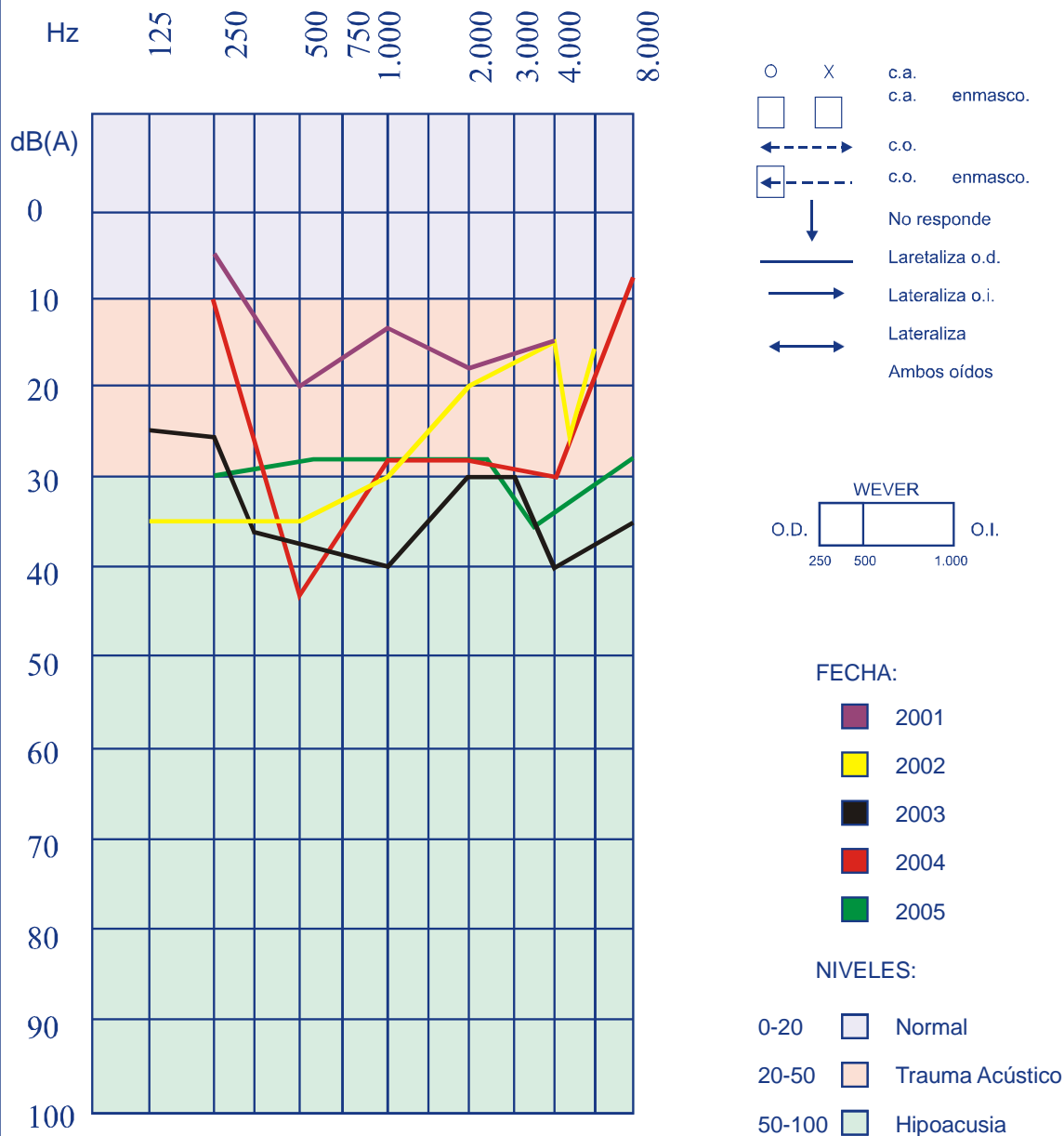
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

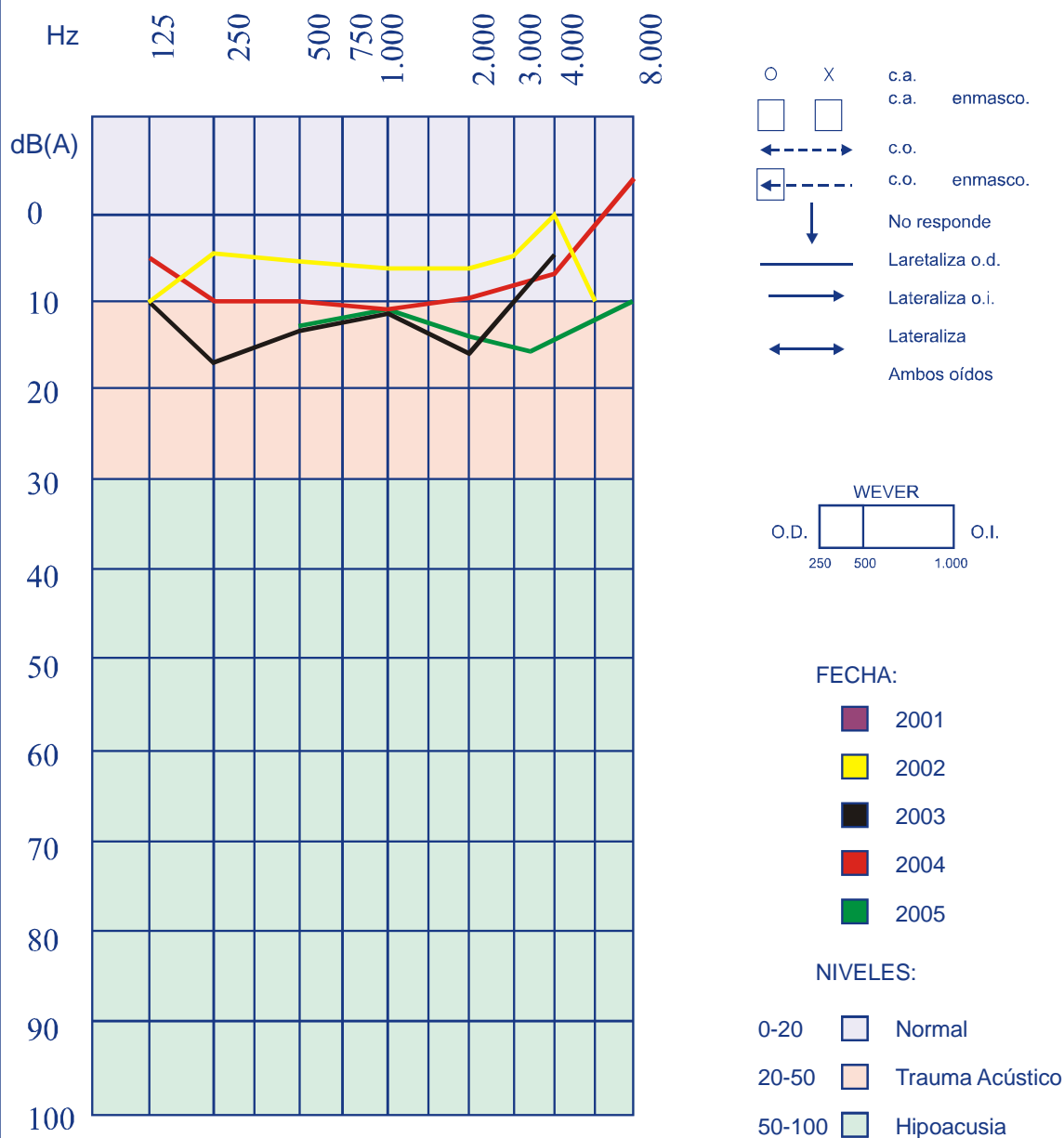
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

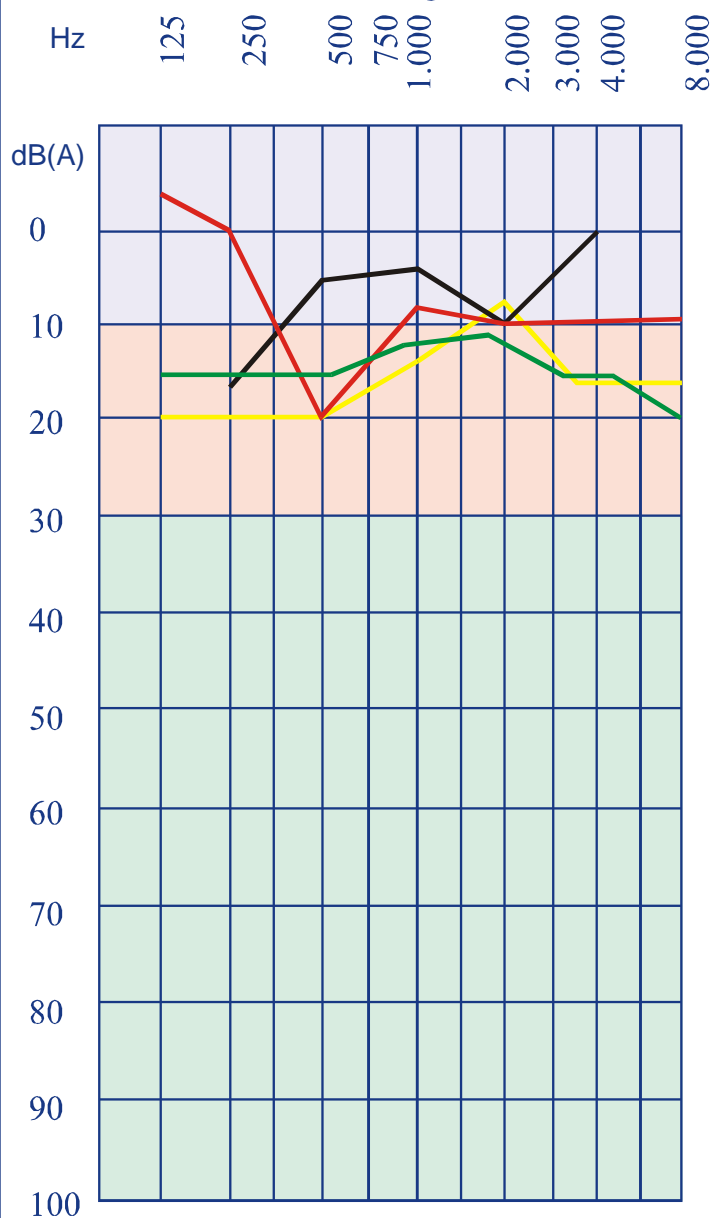
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



O X
□ □
↔ ↔
← →
↓
—
→
↔
c.a.
c.a. enmasco.
c.o.
c.o. enmasco.
No responde
Lateraliza o.d.
Lateraliza o.i.
Lateraliza
Ambos oídos

WEVER
O.D. □ O.I.
250 500 1.000

FECHA:

2001
2002
2003
2004
2005

NIVELES:

0-20 □ Normal
20-50 □ Trauma Acústico
50-100 □ Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

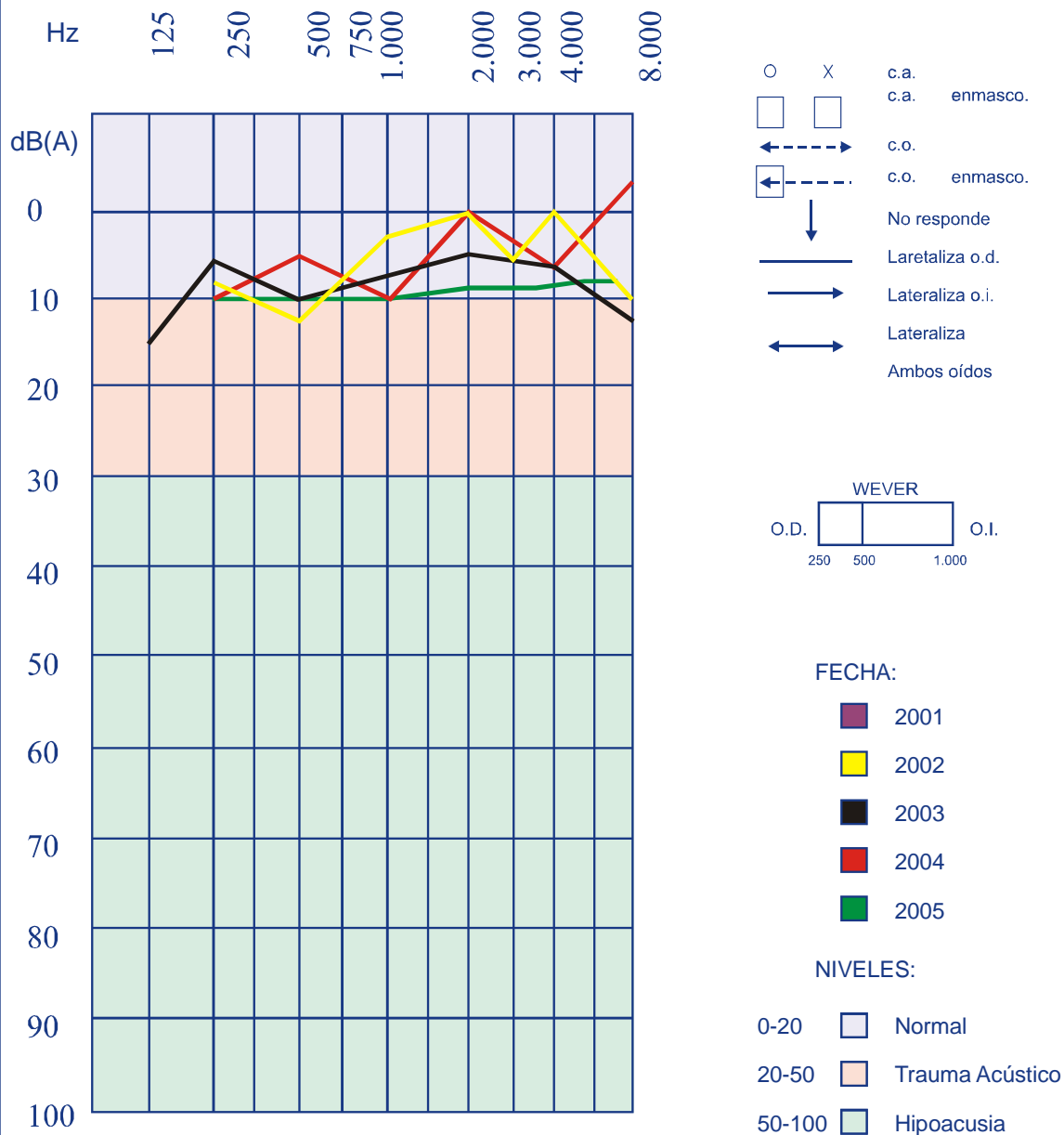
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

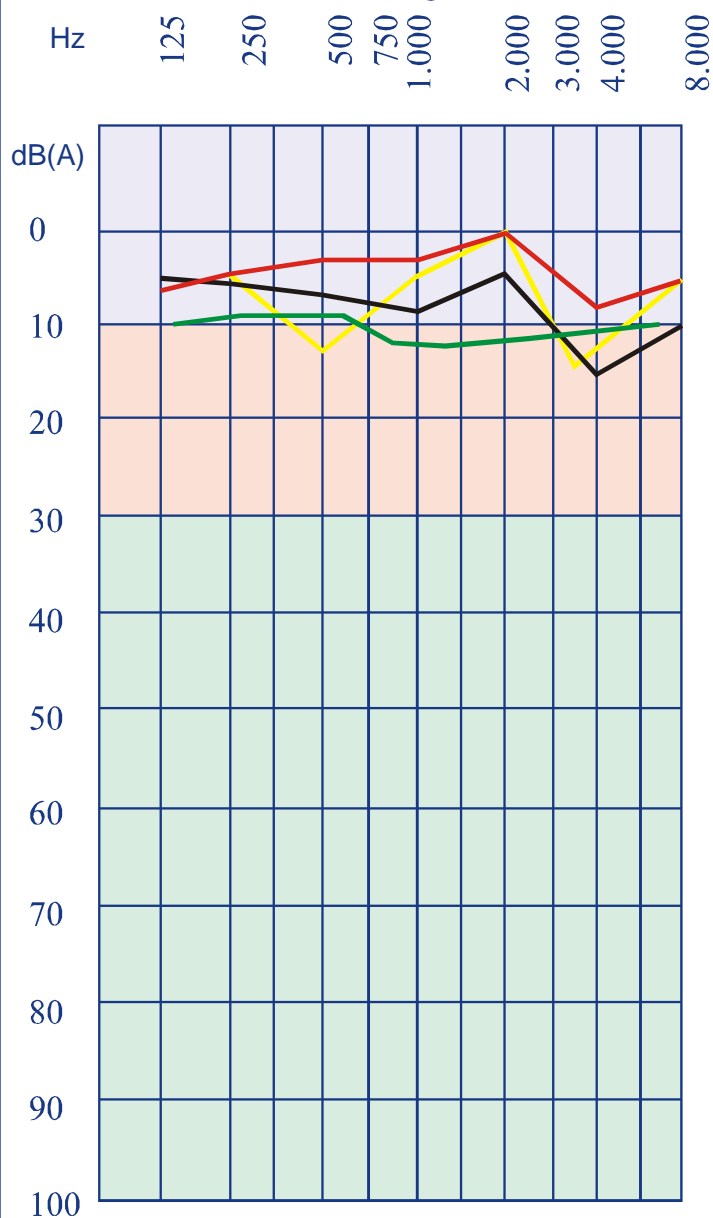
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



O X
c.a. c.a. enmasco.
c.o. c.o. enmasco.
No responde
Lateraliza o.d.
Lateraliza o.i.
Lateraliza
Ambos oídos

WEVER
O.D. O.I.
250 500 1.000

FECHA:

2001
2002
2003
2004
2005

NIVELES:

0-20 Normal
20-50 Trauma Acústico
50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

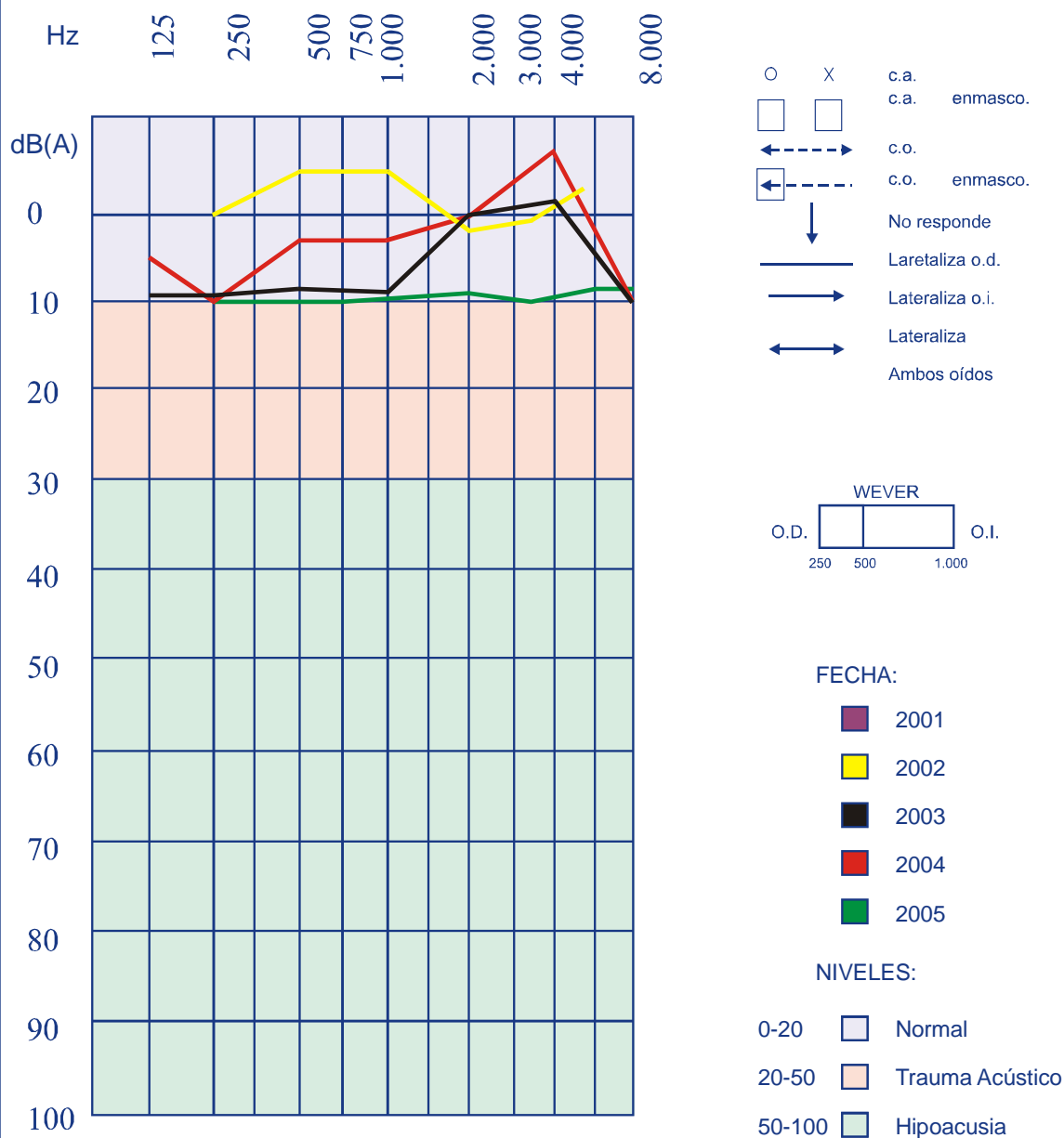
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

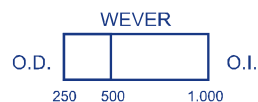
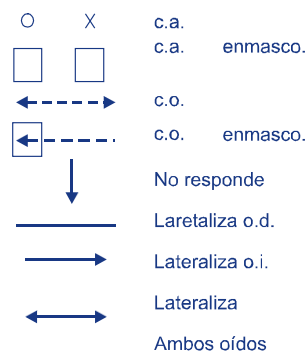
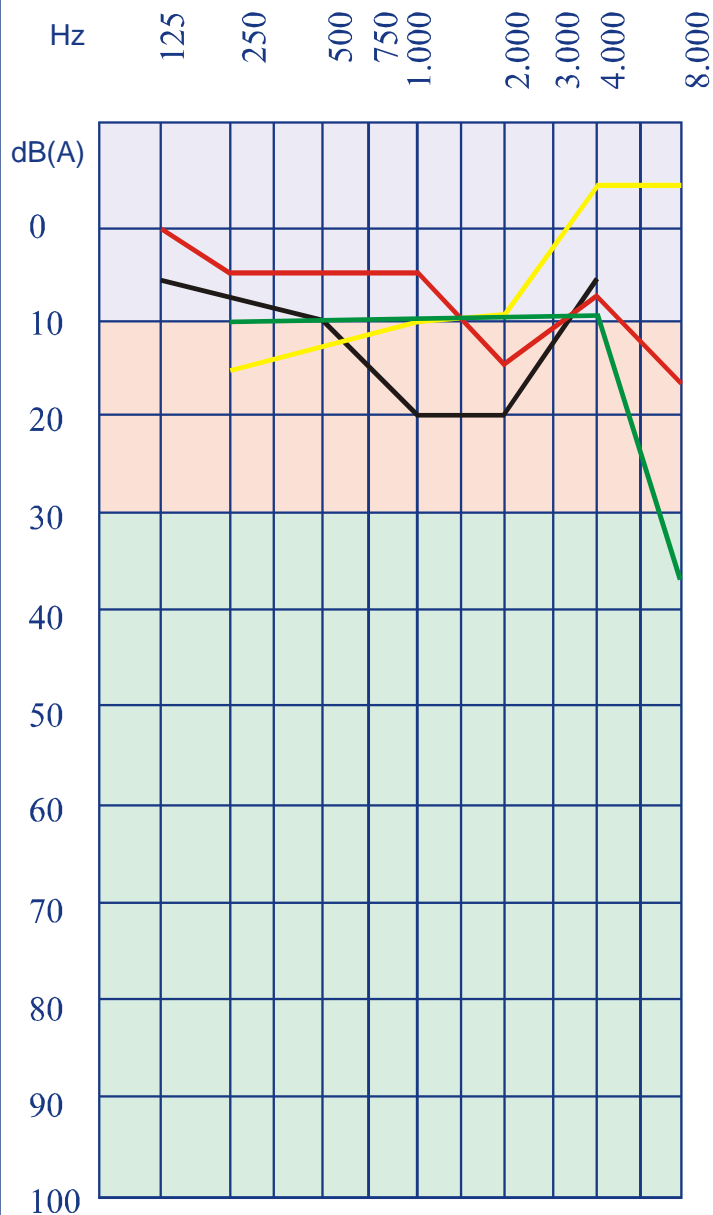
NOMBRE: Persona 5

EDAD: 31 años

PUESTO DE TRABAJO: RR.HH.

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



FECHA:

- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005

NIVELES:

- 0-20 Normal
- 20-50 Trauma Acústico
- 50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

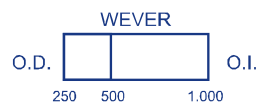
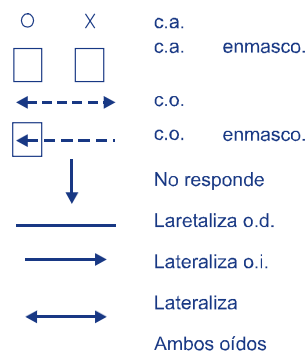
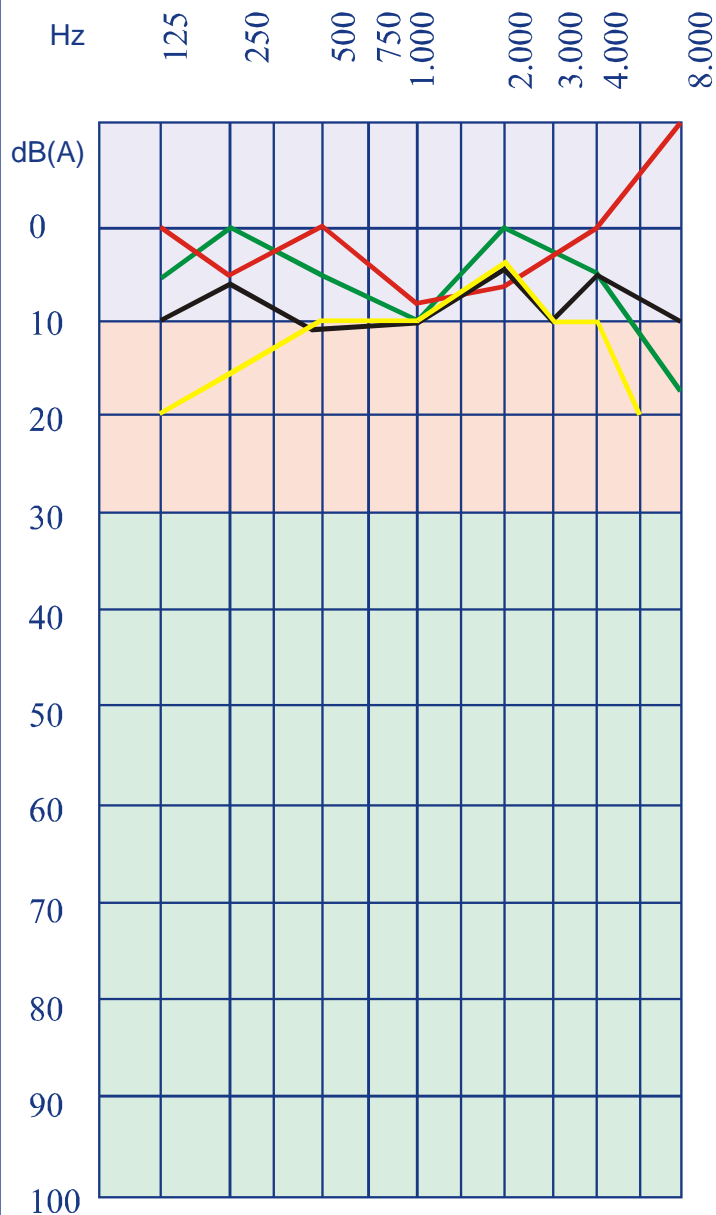
NOMBRE: Persona 6

EDAD: 23 años

PUESTO DE TRABAJO: Camarero

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO



FECHA:

- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005

NIVELES:

- 0-20 Normal
- 20-50 Trauma Acústico
- 50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

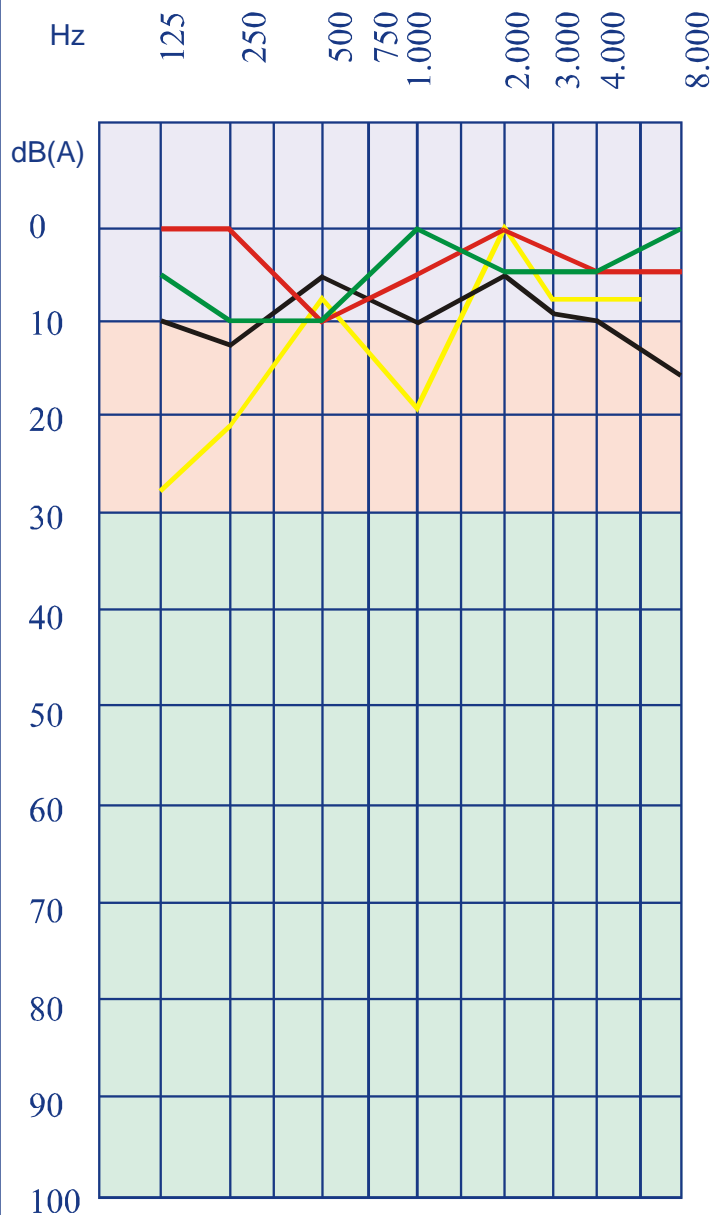
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



O X
□ □
↔ ↔
← →
↓
—
→
↔
c.a.
c.a. enmasco.
c.o.
c.o. enmasco.
No responde
Lateraliza o.d.
Lateraliza o.i.
Lateraliza
Ambos oídos

WEVER
O.D. □ O.I.
250 500 1.000

FECHA:

2001
2002
2003
2004
2005

NIVELES:

0-20 □ Normal
20-50 □ Trauma Acústico
50-100 □ Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

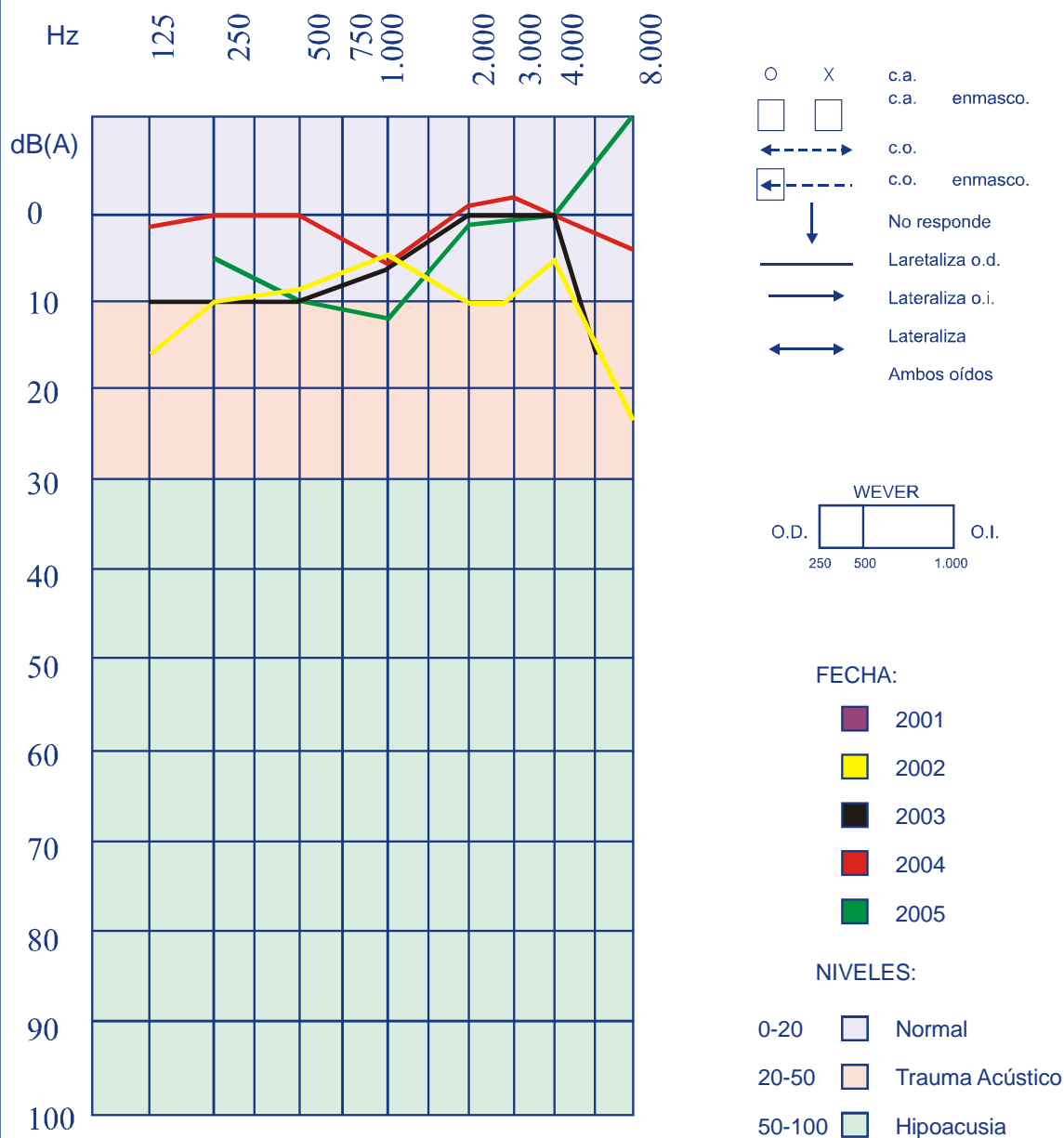
NOMBRE: Persona 7

EDAD: 32 años

PUESTO DE TRABAJO: Tecnólogo de Operación

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

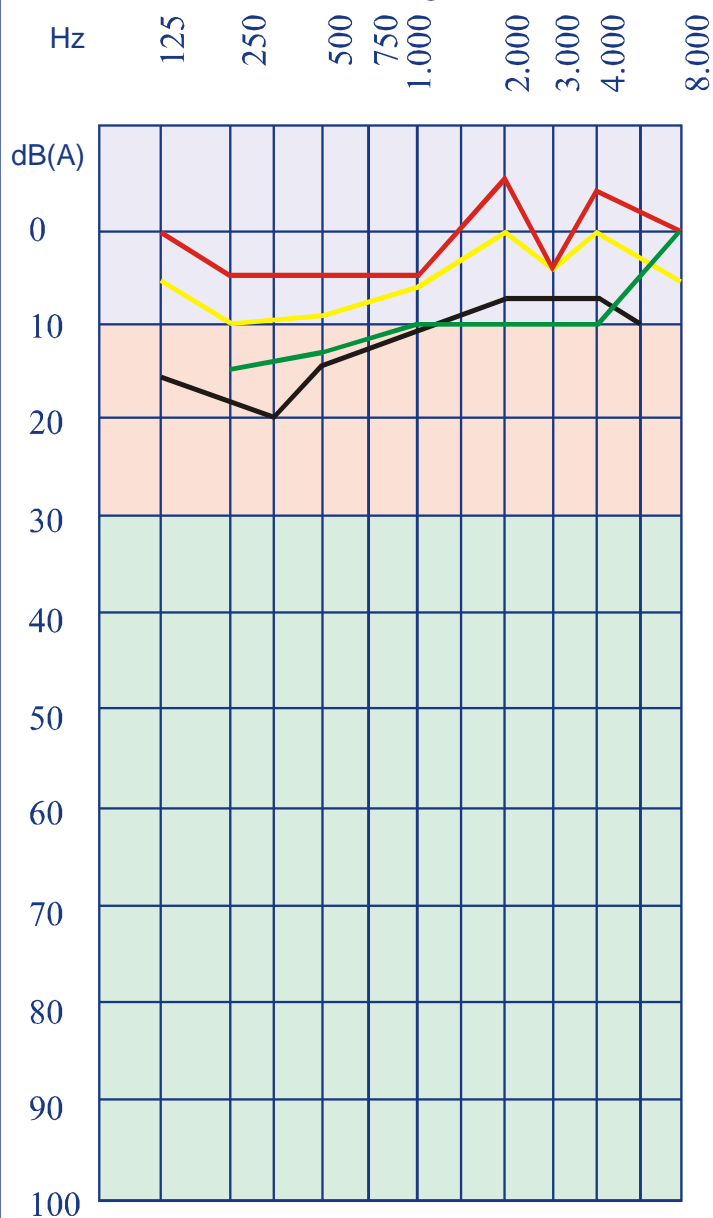
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



O X
□ □
c.a. c.a. enmasco.
c.o. c.o. enmasco.
No responde
Lateraliza o.d.
Lateraliza o.i.
Lateraliza
Ambos oídos

WEVER
O.D. O.I.
250 500 1.000

FECHA:

2001
2002
2003
2004
2005

NIVELES:

0-20 Normal
20-50 Trauma Acústico
50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

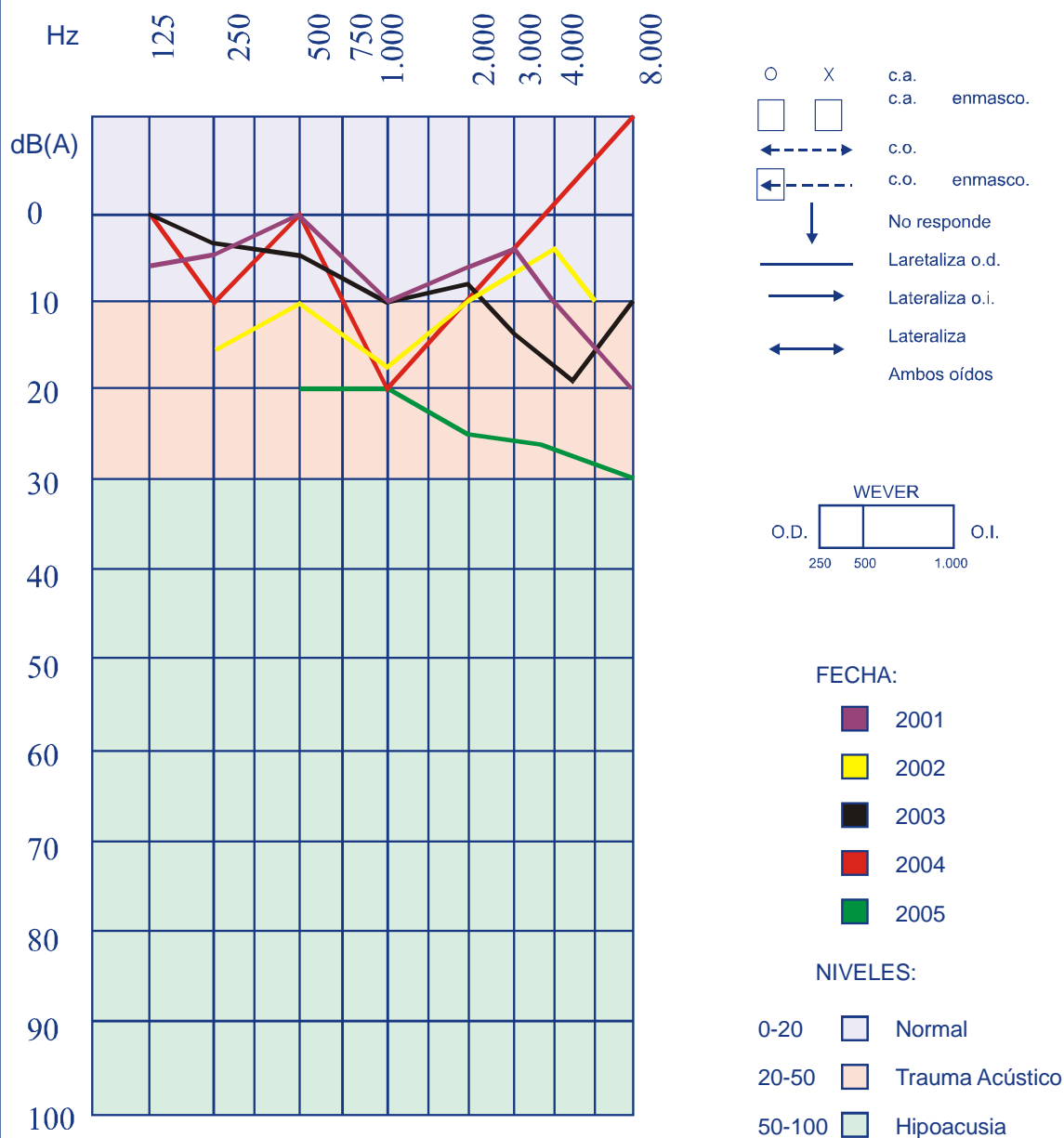
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

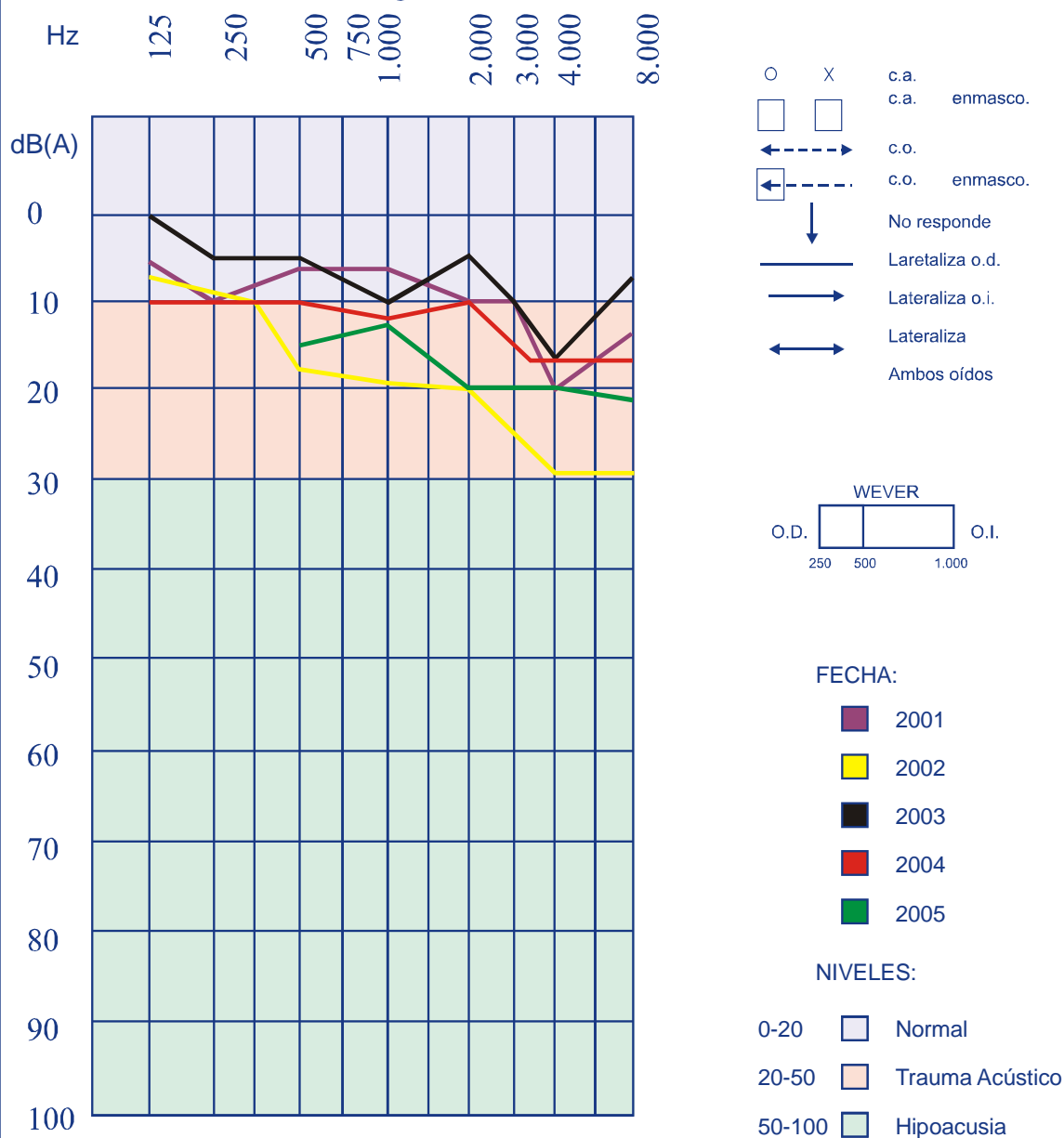
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

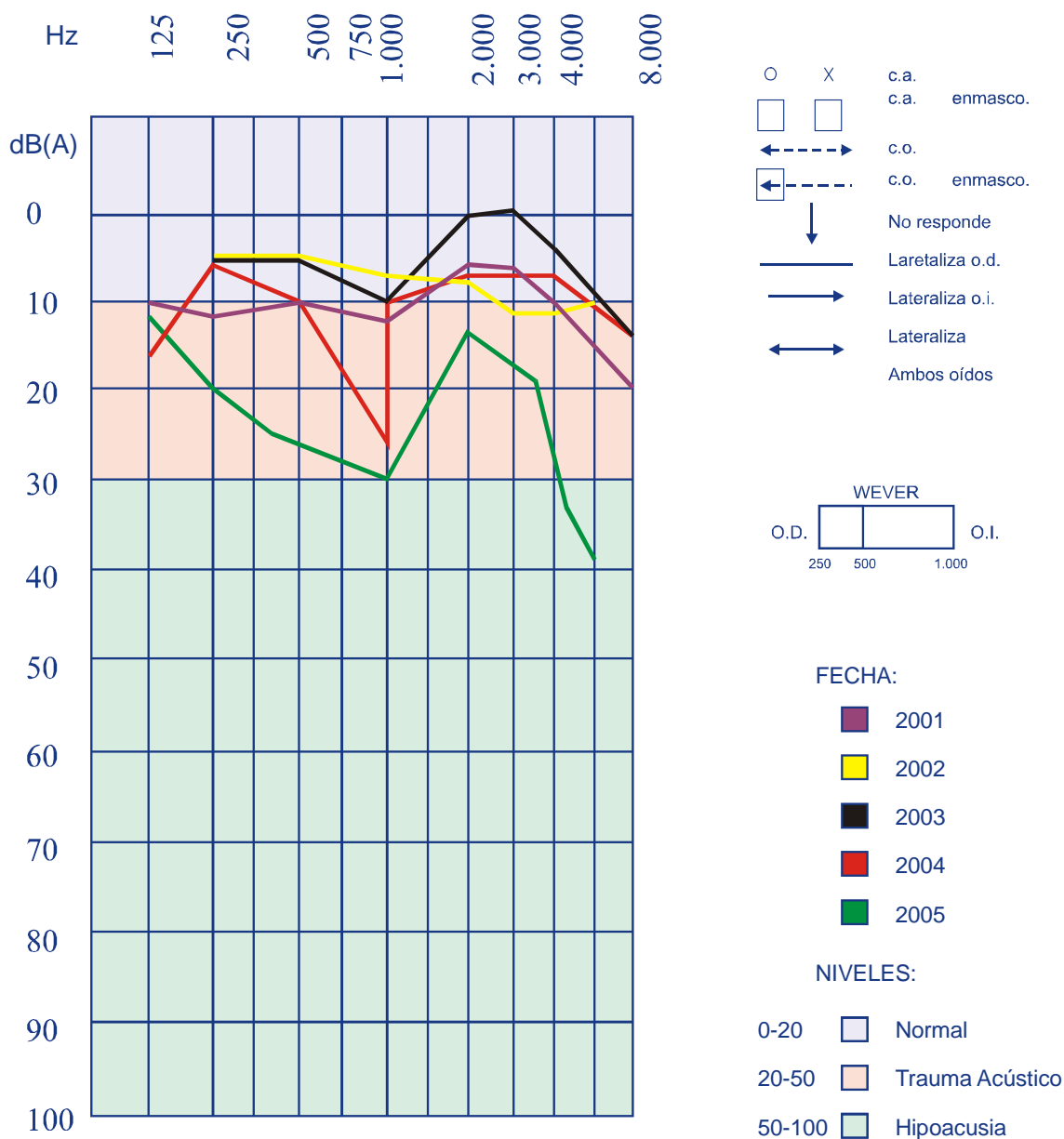
NOMBRE: Persona 9

EDAD: 30 años

PUESTO DE TRABAJO: Operación

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

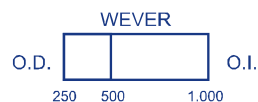
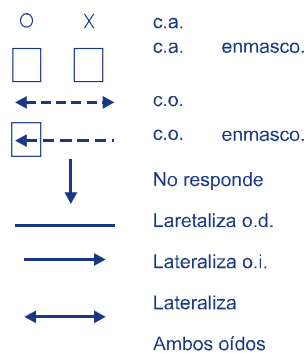
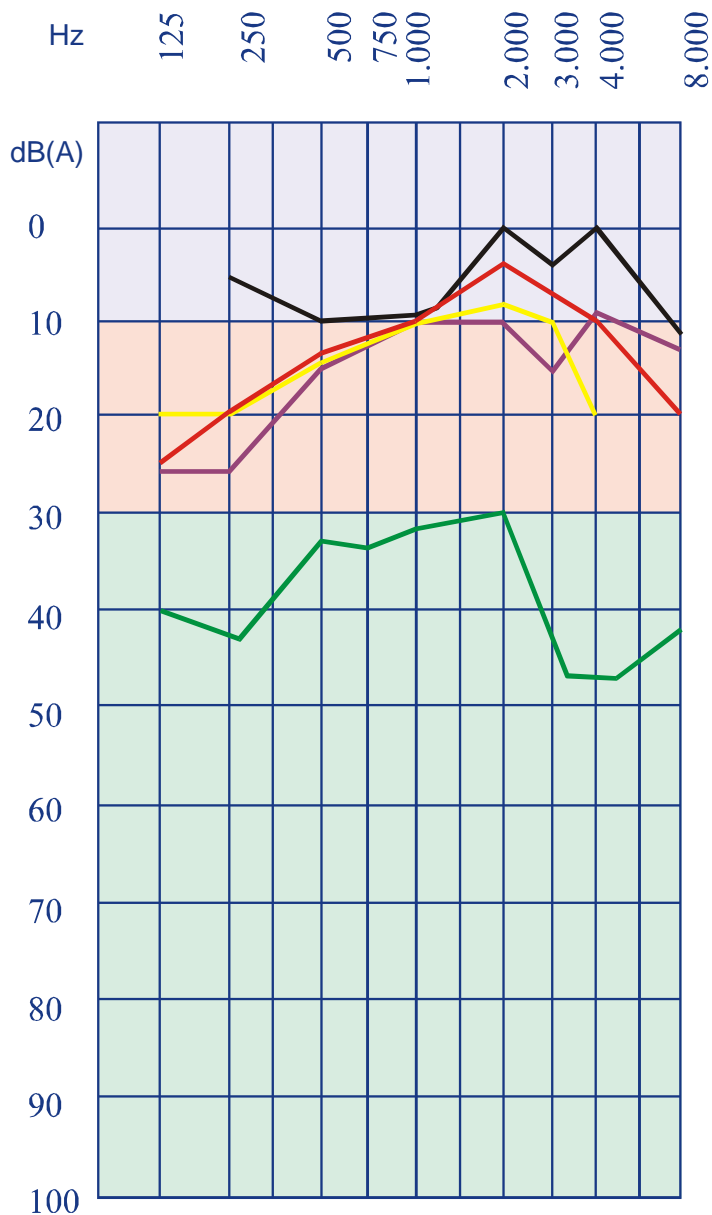
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



FECHA:

- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005

NIVELES:

- 0-20 Normal
- 20-50 Trauma Acústico
- 50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

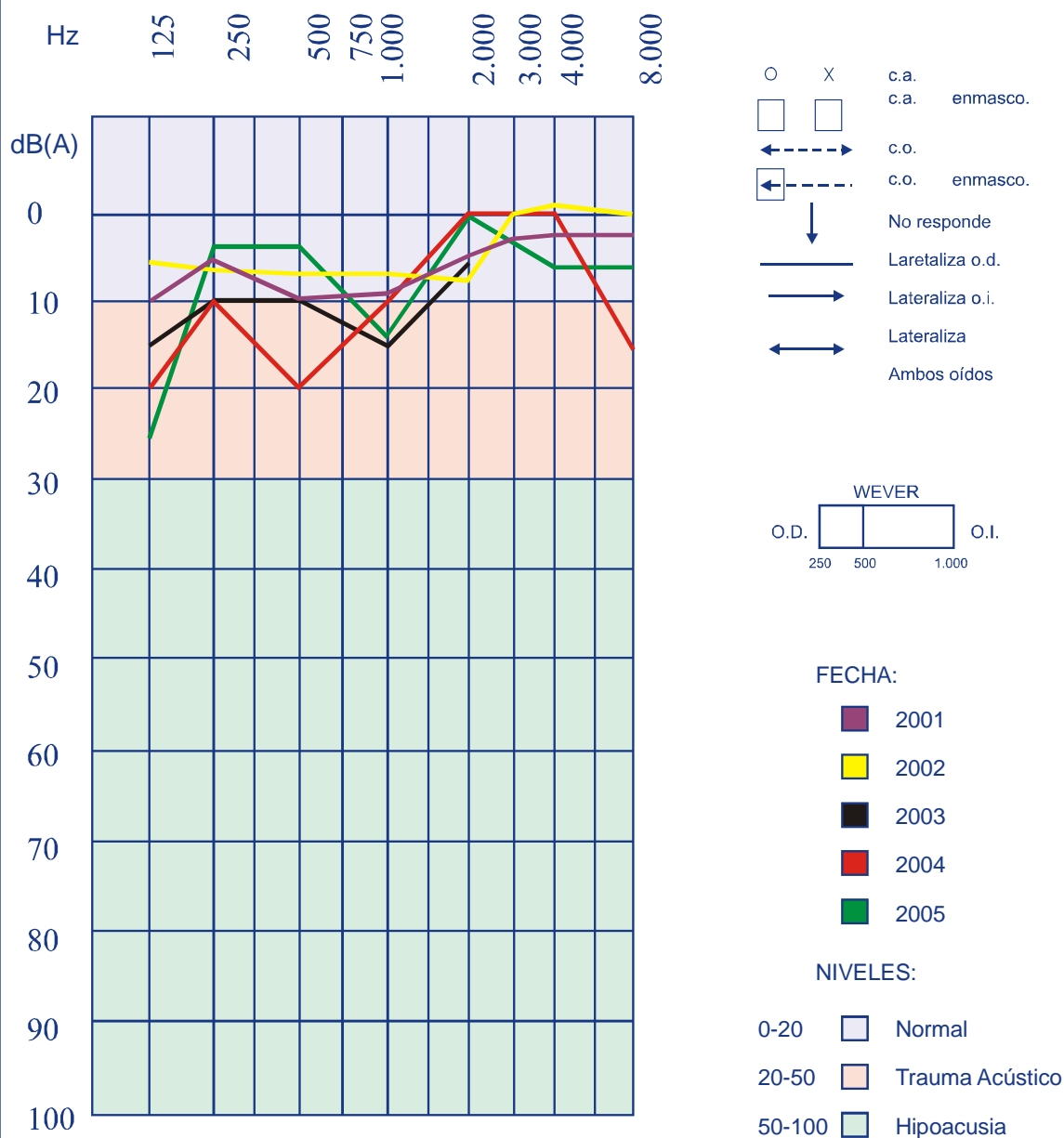
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

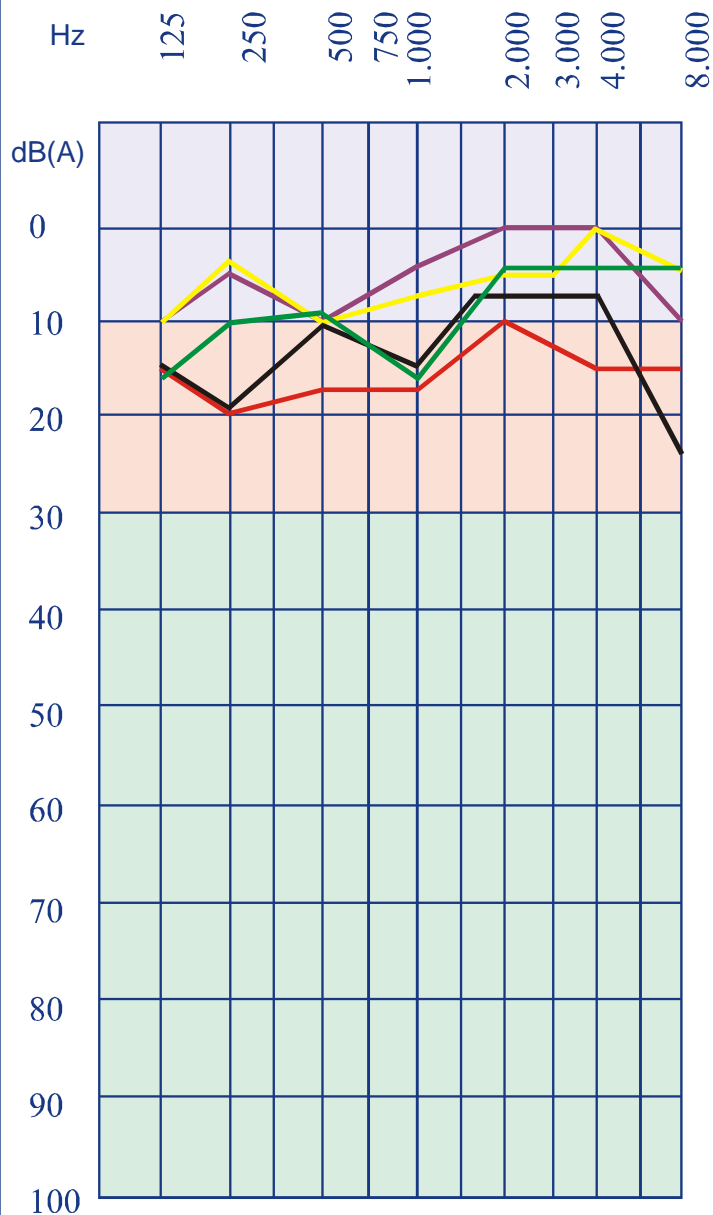
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



O X
□ □
↔ ↔
← - - -
□ ← - - -
↓
—
→
↔
c.a.
c.a. enmasco.
c.o.
c.o. enmasco.
No responde
Lateraliza o.d.
Lateraliza o.i.
Lateraliza
Ambos oídos

WEVER
O.D. □ O.I.
250 500 1.000

FECHA:

2001
2002
2003
2004
2005

NIVELES:

0-20 □ Normal
20-50 □ Trauma Acústico
50-100 □ Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDAD SA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

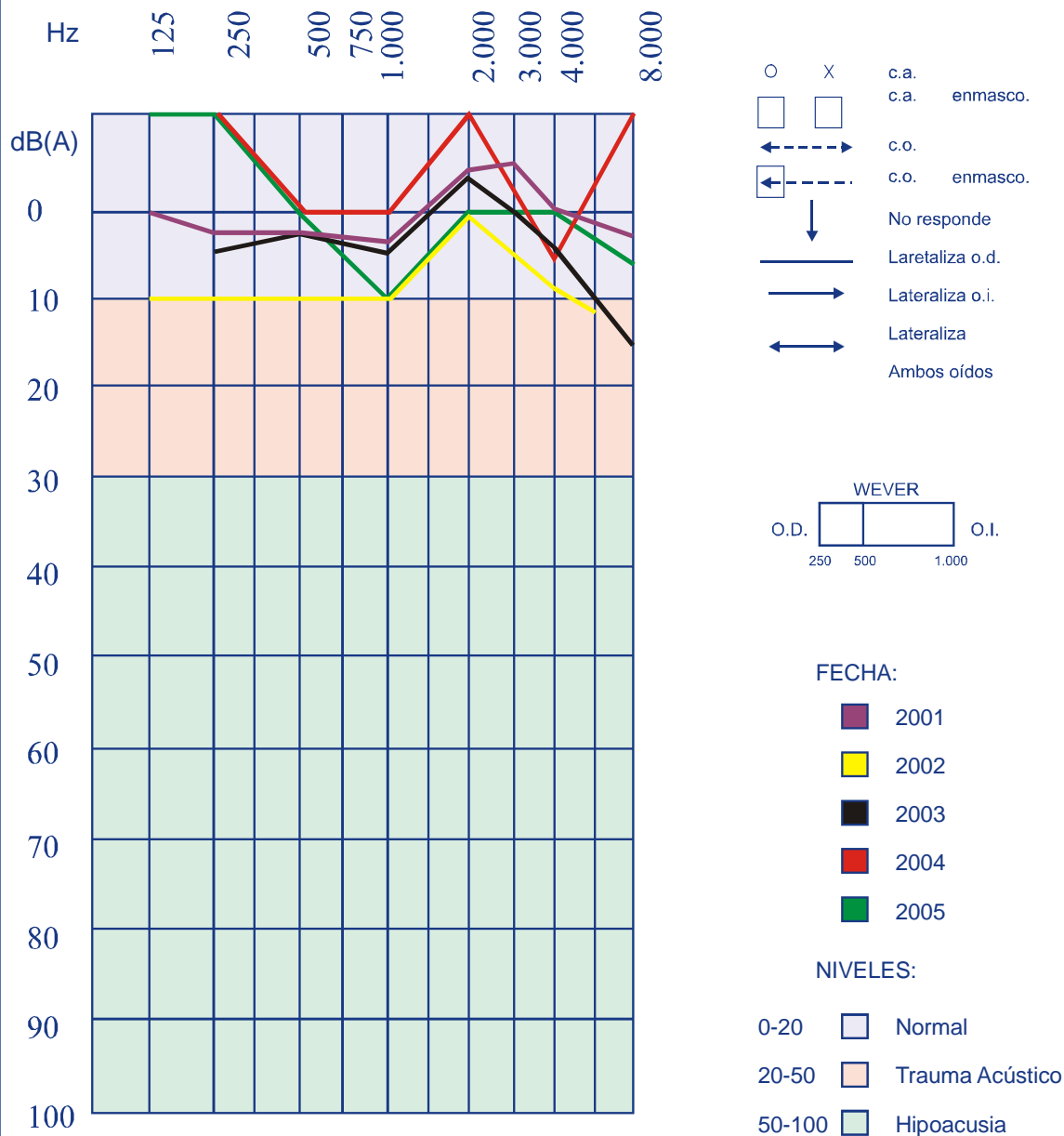
NOMBRE: Persona 11

EDAD: 27 años

PUESTO DE TRABAJO: Operación

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

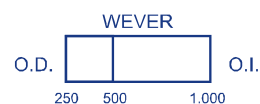
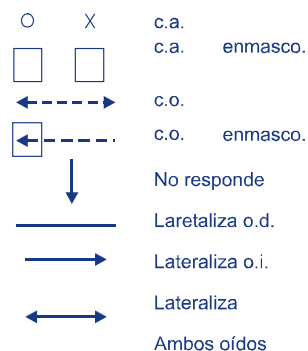
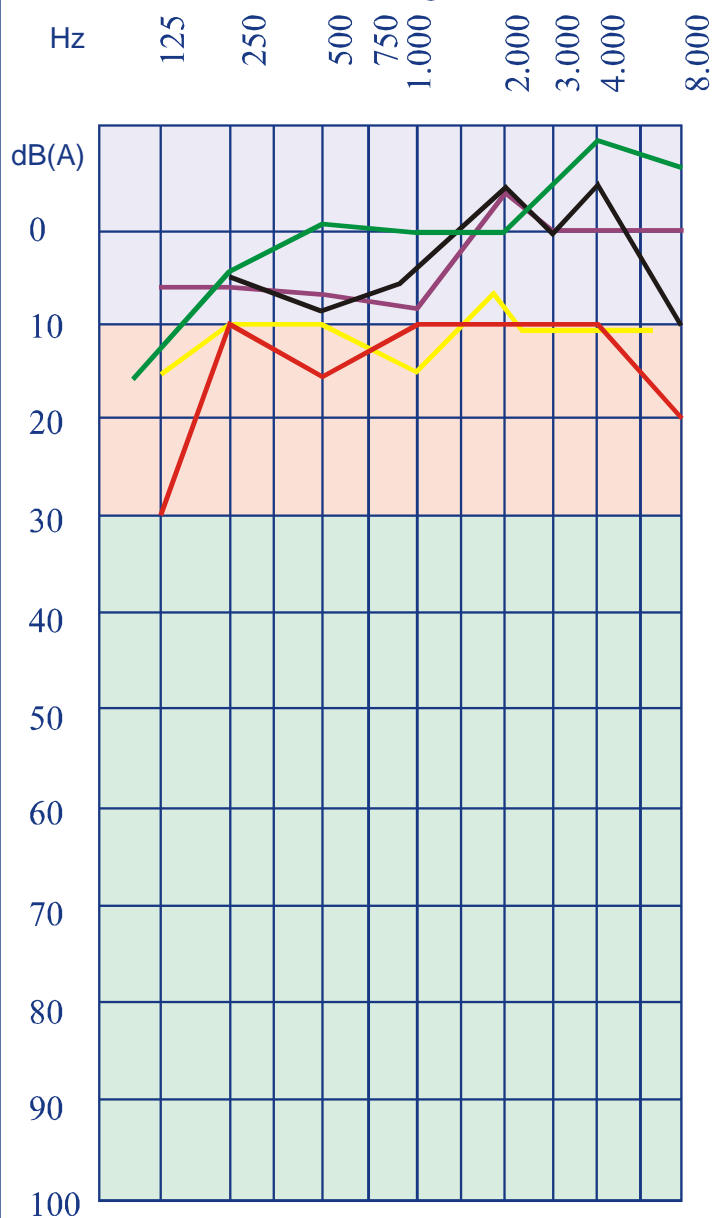
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



FECHA:

- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005

NIVELES:

- 0-20 Normal
- 20-50 Trauma Acústico
- 50-100 Hipoacusia



ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

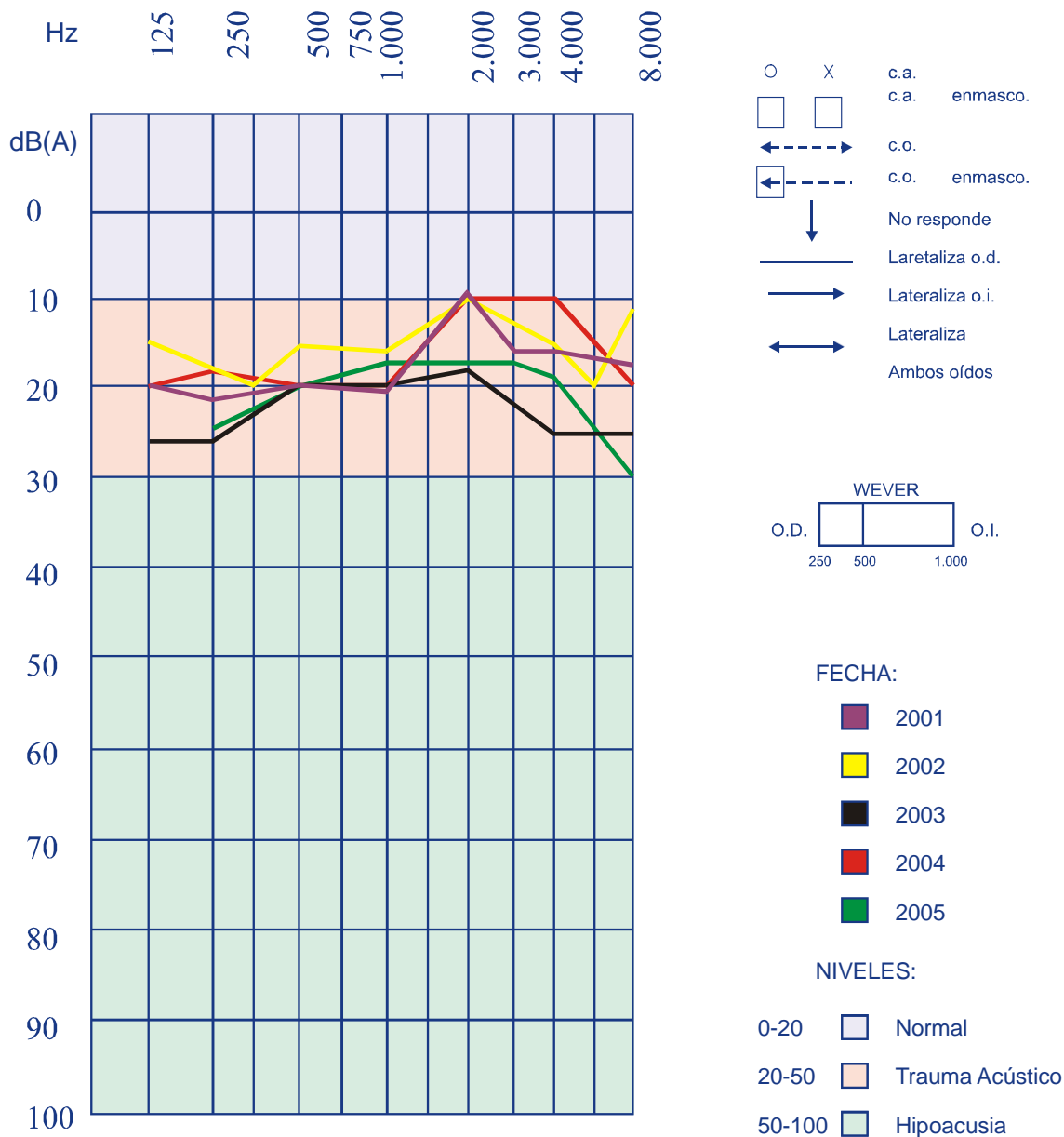
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO DERECHO





ECUA
ELECTRICIDADSA

UNIDAD DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

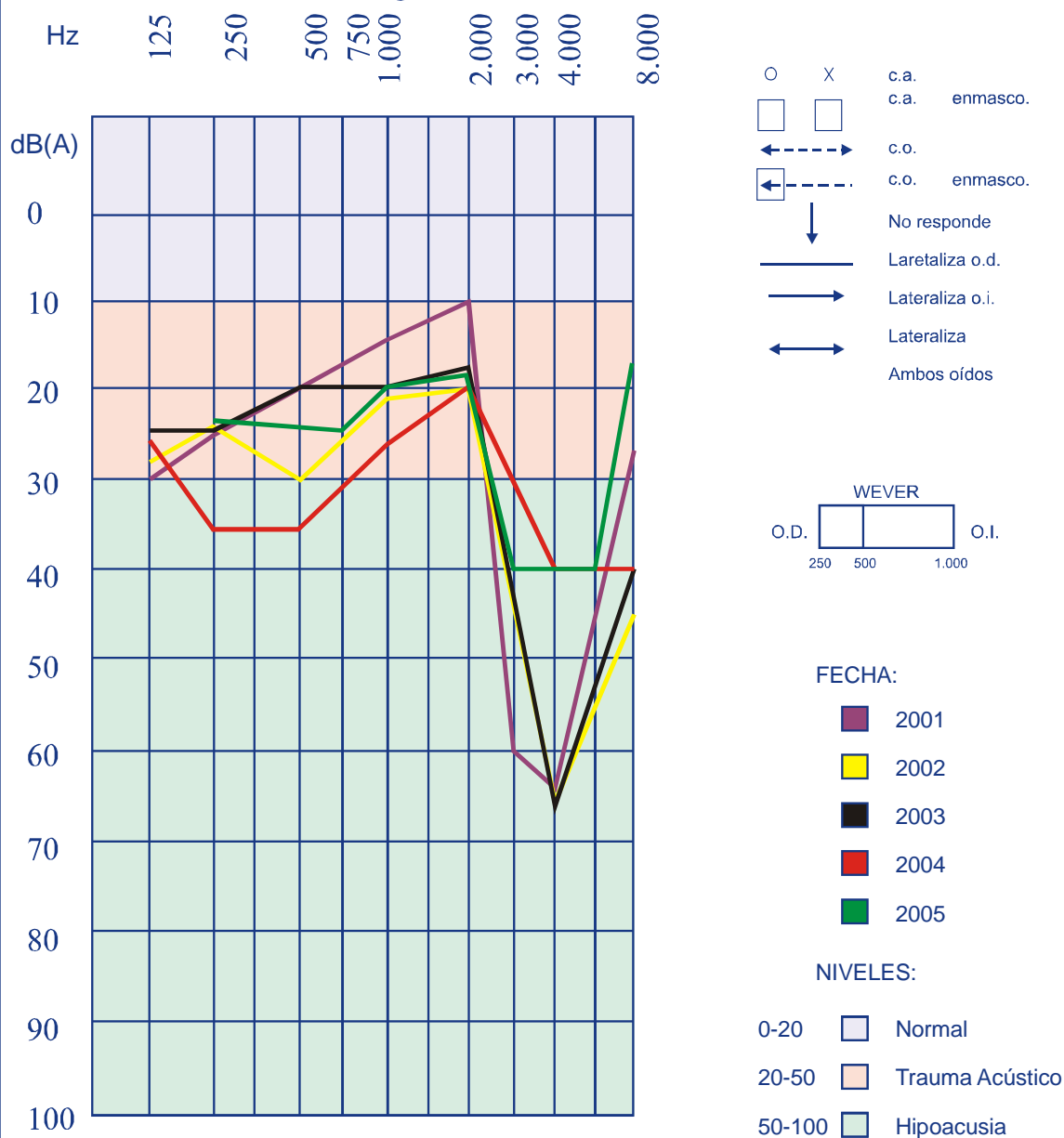
NOMBRE:

EDAD:

PUESTO DE TRABAJO:

EXAMEN AUDIOMETRICO

OIDO IZQUIERDO



4.3.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los exámenes audiométricos de las personas que no están en contacto con el ruido que emiten los equipos de Casa de Máquinas, indican que se encuentran dentro del límite normal, el mismo que está comprendido entre los rangos -10 dB(A) hasta 20 dB(A).

A excepción de la persona número 2, cuyo puesto actual de trabajo es en el área de Hidráulica, su trabajo anterior lo exponía varias horas al ruido de Casa de Máquinas, es por esto que presenta un trauma acústico avanzado tanto en el oído derecho como en el izquierdo.

Pocas personas de las que están expuestas al ruido, presentan un trauma acústico inicial, y avanzado comprendido entre el rango de 20 dB(A) hasta 50 dB(A) e hipoacusia leve que va desde los 50 dB(A) hasta los 100 dB(A). Sin embargo la mayoría de trabajadores de Casa de Máquinas están dentro del límite normal, lo que podemos decir que toman las medidas de protección correspondientes a su área de trabajo.

Los resultados de dichos exámenes, se los ha definido en base a los diferentes niveles de afección progresiva sonora, como se lo demuestra en el Gráfico 3.1., del Capítulo 3.

CAPITULO 5

5. DISEÑO DE LA CABINA ATENUANTE

5.1. CÁLCULOS

Al realizar los estudios acerca de la influencia del ruido en la salud del personal, se sugiere la construcción de una cabina de tipo atenuante que recubra el Sistema de Regulación que se encuentra en el nivel 1327, emitiendo un valor máximo de 103.4 dB(A); este sistema es el que más contamina el ambiente porque está descubierto, produciendo daños a la salud de los trabajadores debido a que en este nivel existe el mayor flujo de personas. Con el diseño de la cabina se pretende disminuir los valores de decibeles en un rango de 30 dB(A) a 40 dB(A), con el objetivo de llegar al límite permisible según el TULAS (75 dB(A) para industrias).

La cabina acústica es de forma rectangular, utiliza como base un área de 20.24 m² (6,65 m. de largo x 3,04 m. de ancho), además posee una altura de 3,15 m. (mas detalles en Diseño de la Cabina 5.3.); como materiales para la construcción se han escogido madera, y lana mineral.

La madera es porosa, combustible, higroscópica y deformable por los cambios de humedad ambiental; tiene un coeficiente de absorción (500-1000Hz) de 80-93%; puede ser utilizada para revestimientos acústicos en general.

Se escogió lana mineral por sus altas prestaciones absorbentes, especialmente indicada para aumentar el confort auditivo y la armonía decorativa en salas polivalentes.

Su coeficiente de absorción (500-1000Hz) va de 78-87%. Para la construcción de la cabina se utiliza lana mineral de 50mm. de espesor debido a su fácil maleabilidad.

Para la construcción de la cabina se analizaron tres alternativas de diseño propuestas por la Universidad del BIO-BIO de Chile. Dichas alternativas se basan en tabiques de construcciones en madera, los cuales constan generalmente de una estructura soportante y de revestimientos para ambos lados que pueden estar constituidos por una o dos placas superpuestas.

Por lo tanto, desde un punto de vista acústico, se trata de un elemento constructivo que consta de dos paramentos flexibles. Un sustancial mejoramiento de la aislación acústica se logra incluyendo colchonetas de origen mineral en los espacios vacíos interiores, por lo que se recomienda usar lanas minerales.

Para lograr mejores índices de debilitamiento acústico el diseño cumplirá con las siguientes condiciones:

1. A mayor distanciamiento de la estructura soportante, mejor aislación acústica.
2. Mientras más flexibles sean las uniones entre la estructura y los revestimientos, se logrará mejor aislación acústica.
3. Rellenar por lo menos, el 70 % del espacio de aire que queda entre la estructura, usando elementos porosos y /o fibrosos como la lana mineral.³⁸

A continuación se procede a describir los diseños de las tres alternativas para la construcción de la cabina.

Alternativa 1.

Tabique compuesto por entablado externo de 20 mm, pie derecho de 45x70 mm y otro entablado interior de 20 mm, el espesor total es de 110 mm. Figura 17.

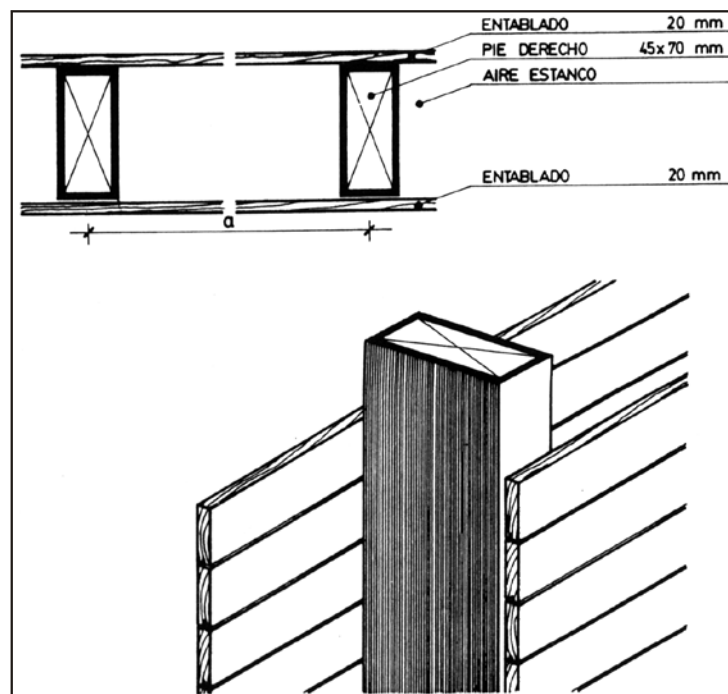


Gráfico 5.1. Estructura alternativa 1.

³⁸ Universidad del BIO-BIO, Chile 1990, Chile 1990

El valor de aislamiento acústico para este caso es:³⁹

Distancia mínima “a” en mm	Revestimiento simple dB(A)
400	25....27

(Valores aproximados no comprobados, estos se comprobarán en el campo)

Alternativa 2.

Tabique compuesto por entablado externo de 20 mm, relleno de fieltro de 15 lbs, cámara de aire, lana mineral de 50mm., polietileno y un tablero interno de partículas de 16 mm. ver Gráfico 5.2.

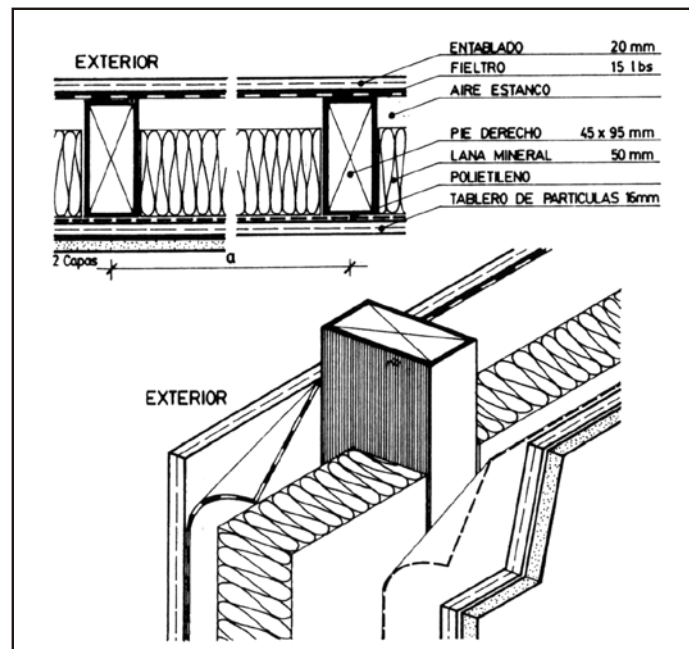


Gráfico 5.2. Estructura alternativa 2.

El valor de aislamiento acústico para este caso es:

Distancia mínima “a” en mm	Revestimiento simple dB(A)	Revestimiento doble dB(A)
400	38...40	40

(Valores aproximados no comprobados)

³⁹ Universidad del BIO-BIO, Chile 1990

Alternativa 3.

En este caso el aislamiento acústico se logra por medio de la duplicación de toda la estructura del caso b soportante, incluyendo la solera inferior y la superior. En el espacio interior separando ambas estructuras. Se lo indica en la figura 19.

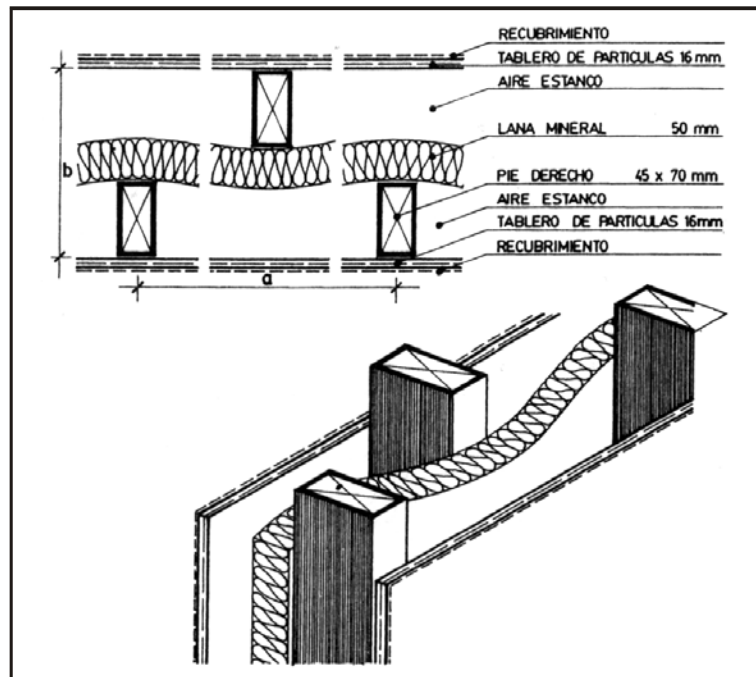


Figura 19. Estructura alternativa 3.

Distancia mínima “a” en mm	Distancia entre revestimientos “b”	
	160 mm	200 mm
600	49 dB	53 dB

5.2. INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS EN LA AISLACIÓN ACÚSTICA⁴⁰

La mayoría de tabiques que cumplen con la función de aislamiento acústico, necesita de ventanas para iluminación y puertas de ingreso, elementos que disminuyen el aislamiento.

Para obtener el índice de debilitamiento de dB(A) se utiliza la siguiente ecuación:

$$R = R_t - 10 \log (1 + S_v/S_t (10^{(R_t - R_v)/10} - 1))$$

⁴⁰ Lohmeyer, Gottfried C.O, Praktische Bauphysik

Donde:

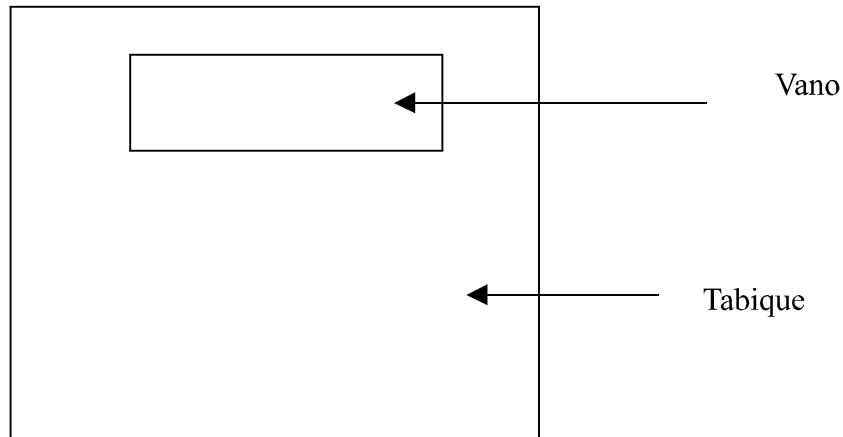
R Índice de debilitamiento resultante [dB(A)]

Sv Superficie del vano [m²]

St Superficie de tabique [m²]

Rv Índice de aislamiento acústico del vano [dB(A)]

Rt índice de aislamiento acústico del tabique [dB(A)]



Reducción obtenida de las Alternativas 1, 2 y 3

Ventanas

Se implantará una ventana de 1,25 m de ancho y 0,75 m de alto, con un par de vidrios de 4 mm. y cámara de aire de 120 mm.

Datos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sv	0,94 m ²	0,94 m ²	0,94 m ²
St	5,75 m ²	5,75 m ²	5,75 m ²
Rv	30 dB(A)	30 dB(A)	30 dB(A)
Rt	28 dB(A)	42 dB(A)	53 dB(A)
Reducción obtenida	*No cumple	*36,71 dB(A)	*37,8 dB(A)

$$*R = R_t - 10 \lg (1 + S_v / S_t (10^{R_t - R_v / 10} - 1))$$

Puertas

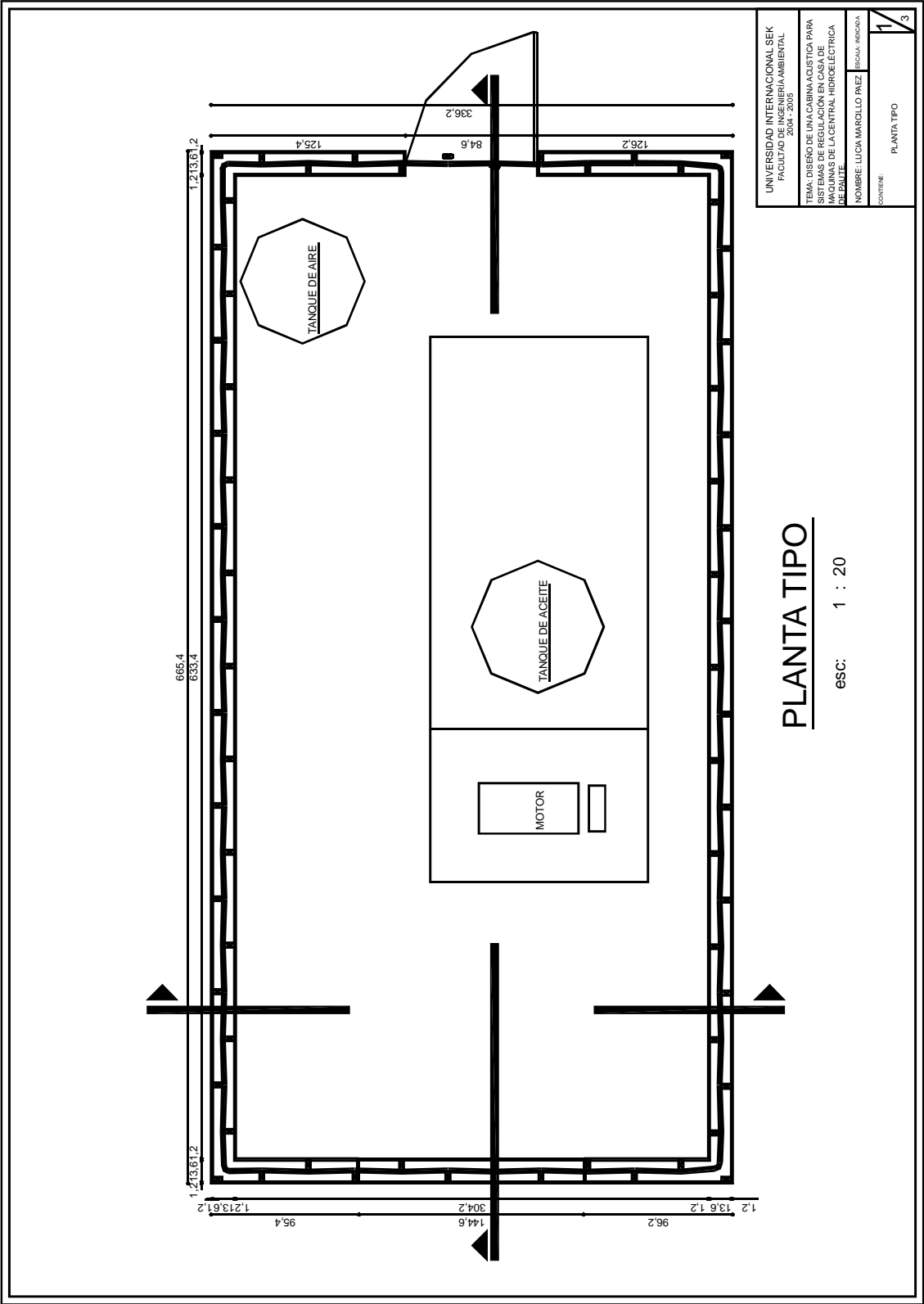
Se implantará una puerta de 0,9 m. de ancho por 2 m. de alto.

Datos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sv	1,8 m ²	1,8 m ²	1,8 m ²
St	5,75 m ²	5,75 m ²	5,75 m ²
Rv	30 dB(A)	30 dB(A)	30 dB(A)
Rt	28 dB(A)	42 dB(A)	53 dB(A)
Reducción obtenida	*No cumple	*36,71 dB(A)	*37,8 dB(A)

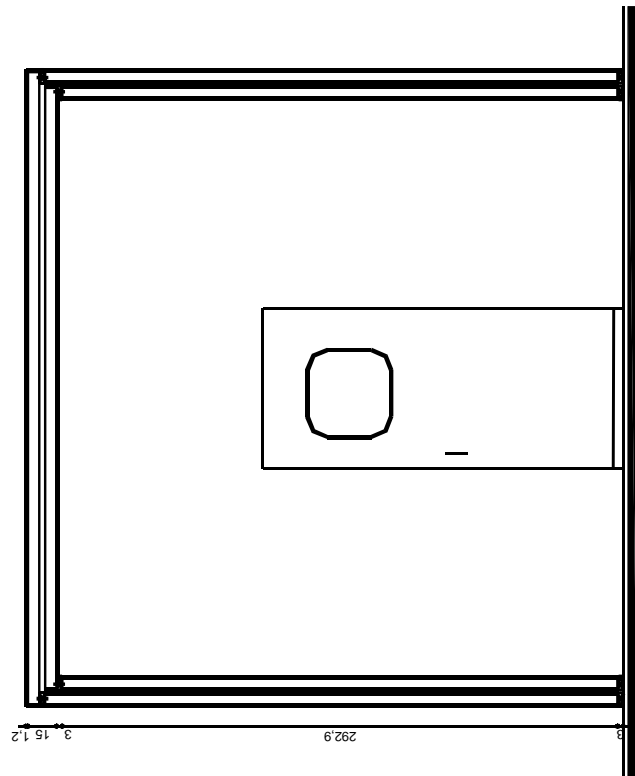
- La alternativa 1, se encuentra por debajo del límite propuesto, la opción b estaría cerca del límite inferior propuesto por lo tanto las dos opciones se descartan. Se asume que la alternativa 3 es la aconsejable, porque los decibeles que se restan al utilizar las ventanas y la puerta no es inferior a los 30 dB propuestos.

5.3. DISEÑO DE LA CABINA

Con esta información se procedió al diseño de una cabina acústica para Sistemas de Regulación en casa de máquinas, Nivel 1327, de la Central Hidroeléctrica de Paute.

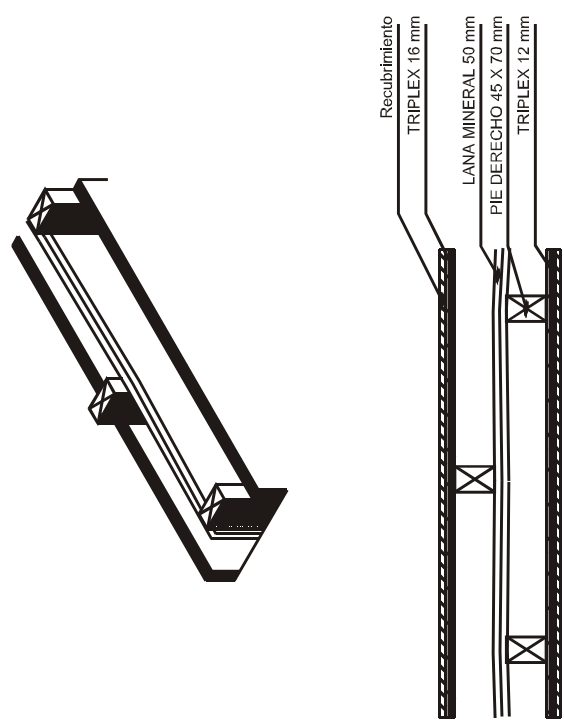


UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL	
2004 - 2005	
TEMA: DISEÑO DE UNA CABINA ACÚSTICA PARA	
SISTEMAS DE REGULACIÓN EN CASA DE	
MAQUINAS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA	
DE PAUTE	
NOMBRE: LUCIA MAROLLO PNEZ	BOCALA INDOCA
CONTIENE:	PLANTA TIPO
1	3



SECCIÓN TRANSVERSAL

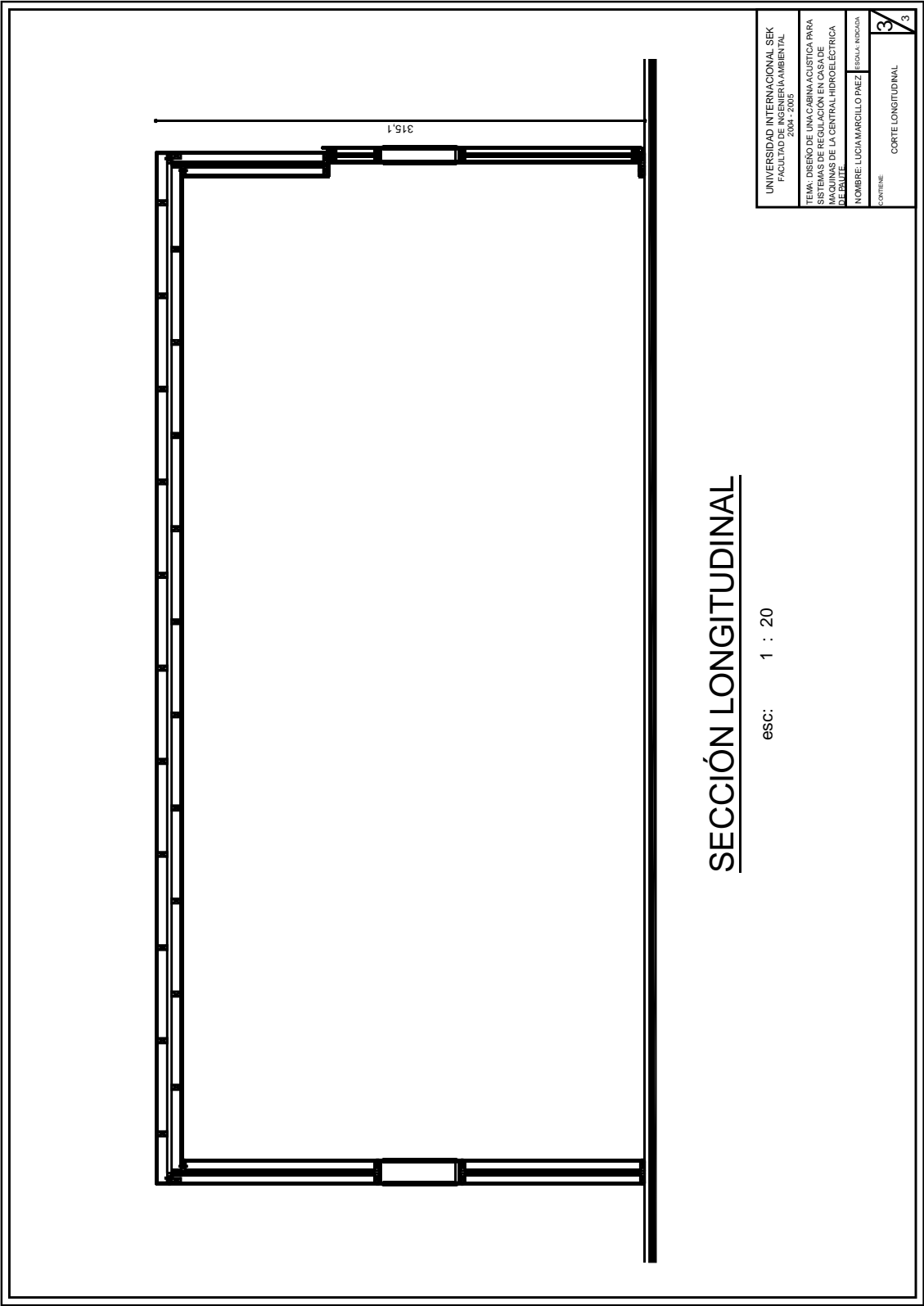
esc: 1 : 20



CORTE TIPO

esc: 1 : 20

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL 2004-2006		
TEMA: DISEÑO DE UNA CABINA ACÚSTICA PARA SISTEMAS DE REGULACIÓN EN CASA DE MÁQUINAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE PASTE		
NOMBRE: LUCIAMARCILLO PAEZ	ESCALA: INDICADA	
CONTIENE: SECCIÓN TRANSVERSAL CORTE TIPO		2/3



SECCIÓN LONGITUDINAL

esc: 1 : 20

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL 2004 - 2005	
TEMA: DISEÑO DE UNA CABINA ACÚSTICA PARA SISTEMAS DE REGULACIÓN EN CASA DE MAQUINAS DE LA CENTRAL-HIDROELÉCTRICA DE PAUTE	
NOMBRE: LUCIA MARCILLO PAEZ	REGULA: INDICADA
CONTIENE:	3/3
CORTE LONGITUDINAL	

5.4. COSTOS

En base a las características de diseño señaladas, se procede a realizar el análisis de costos como se detalla a continuación:

ANALISIS DE COSTOS

1.- MATERIALES

ITEM	Unidad	Cantidad	Valor		Subtotal 1
			Unitario	Total	
PAREDES					
Madera Tripex 16 mm (2.44x2.55)	u	34	19.29	\$ 656	
Pasteado y pintura	m2	5	80.00	\$ 400	
Lana mineral 25,40 mm	m2	61.25	25.00	\$ 1.531	
Vidrios flotados claro 4 mm	m2	0.85	25.00	\$ 21	
Vidrios flotados claro 6 mm	m2	0.85	40.00	\$ 34	
Puertas sólida dos paneles P-2C	u	1	180.00	\$ 180	
Piezas de madera de colorado 6x3 cm	u	119	4.00	\$ 476	
Alambre sólido No 12	m	50	0.20	\$ 10	
Chapa industrial	u	1	40.00	\$ 40	
Gel silica	lb	3	10.00	\$ 30	
Presevante para madera TEKILL	m2	52.14	2.00	\$ 104	
Sellador para madera VERNIC	m2	52.14	2.00	\$ 104	
Caucho	m	11.32	0.40	\$ 5	
Luminaria 4x40w	u	2	30.00	\$ 60	
					\$ 3.651

COSTO DIRECTO TOTAL \$ 3.651
 * COSTO INDIRECTO 18% \$ 657.26
 COSTO TOTAL \$ 4.308.71

2.-EQUIPOS ACCESORIOS

Aire acondicionado	u	1	3200	\$ 3.200	
					\$ 3.200.00

COSTO DIRECTO TOTAL \$ 3.200
 COSTO INDIRECTO 18% \$ 576.00
 COSTO TOTAL \$ 3.776.00

3.-Mano de obra

	Número	Días	Costo Diario	Subtotal	Subtotal 3
Carpintero (incluye comida y alojamineto)	1	20	50	\$ 1.000.00	
Ayudante de Carpintero (incluye comida y	1	20	30	\$ 600.00	
Electricista	1	2	50	\$ 100.00	
					1700

COSTO DIRECTO TOTAL \$ 1.700.00
 COSTO INDIRECTO 18% \$ 306.00
 COSTO TOTAL \$ 2.006.00

COSTO TOTAL DE LA CABINA SIN IVA \$ 10.090.71
 Decibeles reducidos 35
 Costo unitario por db disminuido **288.31**

* Gastos administrativos, imprevistos y utilidades.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES

- De los monitoreos que se han ido realizando desde el mes de Enero del 2005 hasta Junio del 2005, se estableció que los niveles de ruido en casa de máquinas sobrepasan los límites permisibles, produciendo una alta contaminación acústica dentro del ambiente de trabajo.
- El ruido en Casa de Máquinas es un problema de riesgo, debido a que puede ocasionar daños severos a los trabajadores, trayendo consigo alteraciones en el sistema auditivo como se puede observar en los resultados de los exámenes de audiometría.
- Los niveles altos de ruido en Casa de Máquinas, dependen del número de unidades en funcionamiento. Sin embargo, en épocas de estiaje cuando funcionan pocas unidades, el ruido se propaga, debido a que las paredes en Casa de Máquinas son de material sólido, esto hace que exista un tiempo de reverberación largo y constante, produciendo así contaminación acústica.
- Los resultados permiten establecer que es necesario utilizar equipos de protección auricular, debido a que ciertas máquinas sobrepasan los límites permisibles.
- Los puntos en que se encontró mayor cantidad de ruido fueron los que están ubicados en los niveles 1329, 1327 y 1325, niveles en los cuales trabaja la mayoría de personal expuesto a la contaminación acústica.
- Los datos obtenidos en el monitoreo de ruido, se relacionaron con parámetros de temperatura, humedad y unidad de generación, habiéndose determinado que mientras sea el número de unidades de generación en funcionamiento, la temperatura aumenta. Al tratar de comparar estos valores con los de Humedad, se estableció que no existe una relación clara, debido a que esta medida es independiente de la temperatura o de la presión (concepto Humedad Relativa). Se pudo observar una relación con la Cantidad de Generación, mientras esta aumenta, también lo hace la Humedad. Los valores de monitoreo de humedad se muestran en el Anexo 9.

- Para el diseño de la cabina acústica, fue necesario investigar el entorno de la máquina a ser recubierta, debido a que existen materiales absorbentes acústicos que en combinación con otros podrían ocasionar daños externos, como corto circuitos, incendios, corrosión, etc.
- Los trabajadores en Casa de Máquinas están expuestos al ruido de ocho a nueve horas diarias, por lo que es muy importante revestir el Sistema de Regulación, ya que ésta es una máquina que produce elevado ruido y que además se encuentra descubierta.
- Con el diseño de la cabina propuesta en la presente tesis, se espera además de disminuir los decibeles contemplados, evitar daños en su salud a los trabajadores expuestos al ruido producidos por la contaminación acústica.

CAPITULO 7

7. RECOMENDACIONES

- Antes de utilizar algún tipo de equipo de protección es preferible disminuir los efectos que presenta el ruido, especialmente en lugares donde los operadores permanecen de 8 a 9 horas diarias.
- Se recomienda verificar las instalaciones; realizar una revisión total de las puertas, especialmente en las áreas de Acople Turbina- Generador, de tal manera de hermetizarlas, cambiar el vidrio por uno de mayor espesor por razones técnicas y revisar las filtraciones existentes de ruido.
- Utilizar el equipo de protección auricular, obligatoriamente en las áreas que presentan mayor nocividad como por ejemplo Sistema de Regulación, Recinto del Generador, Centro de Carga, Acople Turbina- Generador.
- Se recomienda mejorar el sistema de ventilación del CAS, si bien no produce niveles altos de ruido, si ocasiona molestias en el ambiente de trabajo.
- Los estudios de audiometría que se realizan anualmente, hacerlos semestralmente, para llevar un mejor seguimiento a los trabajadores, especialmente los que están expuestos más de 5 horas diarias en Casa de Máquinas.
- Al personal que trabaja en Casa de Máquinas, en turnos de la madrugada, procurar mantener un buen estado de salud (realizar ejercicios de estiramiento y relajación, no comer en exceso).
- El personal debe tener una edad apropiada (24-60 años) para trabajar en dichos turnos, ya que el desgaste físico es mayor, debido a que el cuerpo humano está realizando un sobre esfuerzo.

- El efecto del ruido produce fatiga, por esto es importante considerar el color de las paredes del área de trabajo (CAS, bodegas, taller, etc.), se deben utilizar colores fríos y de ambientes tranquilizantes. Por ejemplo:
 1. VERDE; el efecto fisiológico es sedante- refrescante, mientras que el efecto psicológico es de alejamiento- muy frío.
 2. AZUL; el efecto fisiológico es sedante- refrescante, y el efecto psicológico es de alejamiento- frío.
- En el CAS el ruido no es nocivo, no utilizar orejeras ni tapones, mientras permanece dentro de este lugar, con el objeto de disminuir molestias al sistema auditivo.

CAPITULO 8

8. BIBLIOGRAFÍA

- MULIER GMORA. Uriel, “Aspectos y Efectos del Ruido”, Informe Interno. s/f
- KIELY. Gerard, “ Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión”, Volumen II, Editorial McGraw-Hill, Madrid-España, 1999
- INECCEL. Dosni, Informe Interno. s/f
- HERNÁNDEZ CALLEJA. Ana, “Confort acoustique le bruit dans les bureaux. Acoustic comfort: noise in offices”, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo
- CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Higiene Industrial”, Informe Interno. s/f
- CALERA, Alfonso., ESTEVE, Lola., TORADA, Rebeca., ROEL, José María, Uberti-Bona, Valeria., RODRIGO, Fernando., Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo, Guía para la Intervención Sindical.
- BERMEO, Leonardo, “Manual de Procedimientos de Seguridad para la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute”, Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca, 2004.
- CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Acústica y Sistemas de Sonido, Acústica Arquitectónica”, Informe Interno. s/f
- Registro Mercantil Salamanca: Libro 239, Folio 110, Número de Identificación Fiscal B-37360278
- CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, “Manual de Aislamiento en la Industria, Generalidades”, Informe Interno. s/f
- Lohmeyer, Gottfried C.O, Praktische Bauphysik. B.G., Teubner Stuttgart, 1985
- “Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria”, Marzo 2003

- Universidad del Bío-Bío, “Aislación Acústica”, Cuaderno N°6, Concepción-Chile, 1990
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruidos (Acuerdo #7789)
- www.waste.idea.es.com
- www.wikipedia.org
- www.barrioperu.terra.com.pe/arquicust
- www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria
- www.hidropaute.com.ec
- www.acusticaintegral.com/productos/absorbentes/absorbent.htm

ANEXOS