





"Diseño de guía para análisis situacional y planteamiento de soluciones en  
Seguridad Biológica ambiental para ambientes de salud"

Tesis para optar por el título de:

Máster en Ingeniería Biomédica

Presentado por:

Alberto Carlos Juárez Belaunde

Asesor:

Ing. Luis Vilcahuaman

LIMA – PERU

2013



## AGRADECIMIENTOS:

A ustedes familia les quiero agradecer  
este hermoso regalo  
que aunque pequeño  
siempre lo había soñado.

Sin esperar nada a cambio  
me han escuchado,  
acompañado y orientado.

A ustedes quiero agradecer amigos,  
lo maravillosos que han sabido ser  
en este camino al crecer.

Gracias a todos por toda  
la sabiduría que me han otorgado  
y que ahora agradecido comparto.

Gracias por dedicarme de su tiempo,  
su valioso tiempo, así demostrar  
su preocupación por mí,  
tiempo para compartir  
y ayudarme a descubrir,  
que la verdad siempre esta allí.

Gracias por ser quienes son,  
siempre estaré para ustedes.



## Listado de figuras, tablas, cuadros y gráficas.

<u>#</u>	<u>ITEM</u>	<u>Descripción</u>	<u># Pagina</u>
1	Figura 01	Datalogger Marca Accsense en “Medical And Lab Monitoring” Fuente: CAS Datalogger – F.D.A. - 2010	08
2	Figura 02	Gráfico de Condiciones de Accidentes, Factores. Fuente: elaboración propia	19
3	Figura 03	Riesgo; Quality and Risk Management in the IVF Laboratory. Fuente: David Mortimer and Sharon T. Mortimer.	20
4	Figura 04	Programa de Manejo en Bioseguridad, partes involucradas. Fuente: elaboración propia	21
5	Cuadro 01	Comparado de una norma internacional respecto a una norma nacional. Fuente: Elaboración propia.	23
6	Figura 05	Toma eléctrica estándar. Fuente: elaboración propia	29
7	Cuadro 02	Casos de valores de voltaje. Fuente: Elaboración Propia	29
8	Cuadro 03	Voltaje corriente continua. Fuente: manual SM Multimeter.	33
9	Cuadro 04	Voltaje corriente alterna. Fuente: manual SM Multimeter	34
10	Cuadro 05	Amperaje corriente continua. Fuente: manual SM Multimeter	34
11	Cuadro 06	Amperaje corriente alterna. Fuente: manual SM Multimeter	34
12	Cuadro 07	Frecuencia. Fuente: manual SM Multimeter	34
13	Cuadro 08	Resistencia. Fuente: manual SM Multimeter	35
14	Cuadro 09	Voltaje diodo. Fuente: manual SM Multimeter	35
15	Cuadro 10	Resistencia continuidad. Fuente: manual SM Multimeter	35
16	Cuadro 11	Temperatura. Fuente: manual SM Multimeter	35
17	Cuadro 12	Faradios. Fuente: manual SM Multimeter	36
18	Cuadro 13	Especificaciones termohigrómetro. Fuente: HK Manual	36
19	Figura 06	Equipos de medición de bioseguridad ambiental en ambiente de salud, Datalogger y UMPC usados en trabajo. Fuente: elaboración propia	36
20	Cuadro 14	Especificaciones anemómetro. Fuente: Lacross Manual	36
21	Cuadro 15	Especificaciones sonómetro. Fuente: TDJ manual.	37
22	Figura 07	Ejemplo de filtro HEPA (High-Efficiency Particulate Air). Fuente: United States Department of Energy (DOE) 2012	60
23	Figura 08	Plano de la toma de datos en el Área de UCIN INT INMP. Fuente: elaboración propia 2011.	79
24	Tabla 01	Incubadoras Neonatales, elaboración propia, 2011. Fuente: elaboración propia	80
25	Tabla 02	Distancias entre incubadoras neonatales. Fuente: elaboración propia, 2011	80
26	Tabla 03	Tabla de ocurrencias varias por tiempos de apertura de puertas, elaboración propia, 2011	82
27	Figura 09	Filtro de aire incubadora # 02 - UCIN INT del INMP, 2011. Fuente: elaboración propia	83
28	Figura 10	Puerta 01 principal – UCIN INT 01 del INMPN, 2011. Fuente: elaboración propia	84
29	Gráfica 01	Registro de niveles de sonido versus el tiempo registrado el 12-11-10. Fuente: elaboración propia	85
30	Gráfica 02	Registro de niveles de sonido versus el tiempo registrado el	86

## 17-06-'11. Fuente: elaboración propia

31	Gráfica 03	Registro de niveles de temperatura ambiental versus el tiempo registrado el 10-19-'10. Fuente: elaboración propia	87
32	Gráfica 04	Registro de niveles de temperatura ambiental versus el tiempo registrado el 12-02-'11. Fuente: elaboración propia	88
33	Gráfica 05	Registro de niveles de humedad relativa versus el tiempo registrado el 12-02-'11. Fuente: elaboración propia	89
34	Gráfica 06	Registro de niveles de humedad relativa versus el tiempo registrado el 22-02-'11. Fuente: elaboración propia	90
35	Gráfica 07	Registro de niveles de electricidad versus el tiempo registrado el 17-06-'11, línea neutro. Fuente: elaboración propia	91
36	Gráfica 08	Registro de niveles de electricidad versus el tiempo registrado el 25-02-'11, línea tierra. Fuente: elaboración propia	92
37	Gráfica 09	Registro de niveles de electricidad versus el tiempo registrado el 25-02-'11, neutro tierra. Fuente: elaboración propia	93
38	Gráfica 10	Registro de niveles de velocidad del aire versus el tiempo registrado el 20-09-'10. Fuente: elaboración propia	94
39	Gráfica 11	Registro de niveles de velocidad del aire versus el tiempo registrado el 20-09-'10. Fuente: elaboración propia	95
40	Cuadro 16	Datos medioambientales por días, Lima, 2011. Fuente: La base de Datos de Climas Mundial	96
41	Cuadro 17	Datos medioambientales por año, Lima, 2011. Fuente: La base de Datos de Climas Mundial.	96
42	Gráfica 12	Registro de niveles de temperatura en verano versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	98
43	Gráfica 13	Registro de niveles de temperatura en invierno versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	99
44	Gráfica 14	Registro de niveles de humedad relativa en verano versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	100
45	Gráfica 15	Registro de niveles de humedad relativa en invierno versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	101
46	Gráfica 16	Registro de niveles de punto de rocío verano versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	102
47	Gráfica 17	Registro de niveles de punto de rocío invierno versus el tiempo. Fuente: elaboración propia	103
48	Figura 11	Ondas sonoras y oído. Fuente: Daniel Maggiolo, Apuntes de acústica musical, 2011	112



## RESUMEN:

En el Perú no existe regulación sobre Bioseguridad Medioambiental en edificaciones ligadas al sector salud. La existencia de un sistema de evaluación de Bioseguridad Medioambiental para este tipo de edificaciones generaría información útil para mejorar los criterios en los que se basen los métodos para el diseño, edificación y mantenimiento de una institución de salud.

En el Perú existen establecimientos ligados al sector salud que fueron diseñados para otros fines y no cumplen con las recomendaciones internacionales en bioseguridad medioambiental. Esto aumenta la probabilidad de que exista contaminación de usuarios, trabajadores, muestras biológicas y equipos, pudiendo generarse errores de determinación de casos clínicos, contaminaciones cruzadas, epidemias; pudiendo presentarse un accidente, el cual se origina por la conjunción de tres factores: la condición medioambiental insegura, la actitud insegura y el riesgo. Un Programa de Manejo de Bioseguridad medioambiental requiere de un constante intercambio de información entre todas las áreas de la institución de salud, para así evitar accidentes

Se propone una guía como herramienta de valoración de calidad de la bioseguridad medioambiental de un ambiente ligado al sector salud, basada en manuales y normas internacionales vigentes al momento de la redacción. La guía es de fácil entendimiento, teniendo como parámetros básicos valederos para la evaluación de la bioseguridad medioambiental: la temperatura, humedad, presión ambiental, suministro eléctrico, material particulado y valores máximos de sonido en el área, y encuestas de conocimiento sobre bioseguridad y seguridad del personal que labora en el área. As se brinda un listado de verificación y encuestas base, que promueve el ordenamiento y gráfico de datos colectados en hojas de cálculo, pudiendo con la guía proponer soluciones a posibles problemas detectados durante un análisis.



<b>Capítulo 1. Bioseguridad en el contexto nacional.</b>	1
• Introducción	2
1.1. Problemática de bioseguridad en ambientes de salud	4
1.2. Estado del arte de los sistemas de medición ambiental en bioseguridad en ambientes de trabajo en salud.	5
1.2.1. Estado del arte sobre elaboración de guías.	10
1.3. Justificación de la tesis.	12
1.4. Objetivos de la tesis.	15
1.4.1. Alcances de la tesis.	15
<b>Capítulo 2. Fundamentos para evaluación de Bioseguridad en ambientes de salud.</b>	17
2.1. Revisión del concepto de bioseguridad.	18
2.1.1. Revisión del concepto accidente.	18
2.1.2. Revisión relativa a programas de bioseguridad.	20
2.1.3. Revisión sobre normas de bioseguridad a nivel nacional.	21
2.2. Discusión sobre guías y normas nacionales e internacionales de bioseguridad en ambientes de salud.	23
2.3. Condiciones normalizadas en un ambiente de salud.	27
2.3.1. Temperatura.	27
2.3.2. Humedad.	27
2.3.3. Presión atmosférica.	28
2.3.4. Alimentación eléctrica.	28

2.3.5. Partículas.	31
2.3.6. Vibración y Ruido.	33
2.4. Instrumentación para evaluación de bioseguridad ambiental en ambiente clínico.	33
2.4.1. Diseño de la base de datos.	37
2.4.2. Usos de la base de datos.	38
<b>Capítulo 3. Guía para análisis situacional y planteamiento de soluciones en ambientes de salud.</b>	39
3.1 Requerimientos y características de la guía.	40
3.2 Métodos de elaboración de formatos y procesos de la guía.	43
3.2.1 Mapa de procesos de la guía.	48
3.3. Guía para análisis situacional: introducción de pautas para la toma de datos	49
3.4. Guía para análisis situacional: proceso de medición.	54
3.5. Guía para análisis situacional: proceso de registro de datos.	64
3.6. Guía para análisis situacional: reporte de datos.	65
3.7. Diseño de sistema de soluciones a problemas de seguridad biológica para los parámetros registrados.	66
3.7.1. Evaluación de parámetros y análisis de la información.	67
3.7.2. Solución para cumplimiento de normas.	73
<b>Capítulo 4. Pruebas y resultados de la guía aplicada en el Instituto Nacional Materno Perinatal.</b>	76
4.1 Revisión y preparación inicial	77
4.2 Registro de datos de los parámetros medioambientales bioseguros	78
4.2.1 Información descriptiva de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios en el Instituto Nacional Materno Perinatal.	78

4.2.2. Información situacional del ambiente clínico en el Instituto Nacional Materno Perinatal.	80
4.2.3. Determinación de rangos y límites permisibles de parámetros medioambientales bioseguros para UCIN INT	82
4.2.4 Datos de parámetros medioambientales bioseguros en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios.	84
4.3. Revisión y análisis de la información capturada de Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Instituto Nacional Materno Perinatal	97
4.3.1 Modelos y curvas propuestas a partir de datos medioambientales bioseguros	97
4.3.2. Determinación y cálculo de variación en cada uno de los parámetros medidos.	104
4.3.3 Proyección de casos en base a modelos y curvas tipo.	105
4.3.4. Revisión de los resultados obtenidos de los parámetros medioambientales bioseguros.	106
4.4. Evaluación de propuesta de solución a parámetro medioambiental bioseguro fuera de rango.	108
4.4.1. Resultados de ejecución de soluciones a parámetro medioambiental bioseguro, sonido.	109
4.4.2. Evaluación después de ejecutada la propuesta de solución a parámetro medioambiental bioseguro, sonido.	111
4.4.3. Comparación de información de parámetro medioambiental bioseguro en punto de partida y punto final después de ejecutada la propuesta de solución.	111
4.4.4. Revisión final de situación después de ejecutada la propuesta de	113

## Intensivos Neonatales del Instituto Nacional Materno Perinatal.

• Conclusiones.	114
• Observaciones y recomendaciones.	117
• Referencias bibliográficas.	121
• ANEXOS	128





# Capítulo 1.

Bioseguridad en el contexto nacional.



## Introducción:

En el Perú existen ambientes ligados al sector salud que no cumplen con los criterios mínimos de seguridad biológica con respecto a la estructura de su edificación o área trabajo. Asimismo, existen Normas Nacionales para el diseño de la estructura de una edificación en salud, como el “Reglamento Nacional de Edificaciones en Salud”, el cual está en proceso de actualización; sin embargo, no existe regulación ni legislación sobre bioseguridad medioambiental. La existencia de un sistema de referencia y evaluación del sistema de bioseguridad medioambiental en una edificación en salud, generaría información útil para mejorar los criterios en los que se basen los métodos para edificar una estructura en el sector salud.

Se tiene como objetivo brindar una herramienta de valoración de parámetros de seguridad biológica medioambiental que brinden información veraz y de calidad en función de los datos colectados, y que sirva para elaborar reportes de interés a las instituciones de salud, brindando soporte para solución de problemas a las edificaciones de salud.

Como alcance de la tesis se elaborará una guía que busca generar una herramienta de medición de parámetros medioambientales de bioseguridad que será probada en el Instituto Materno Perinatal en Lima Perú (INMP), siendo la guía utilizable en diversas áreas ligadas al sector salud en cualquier punto geográfico.

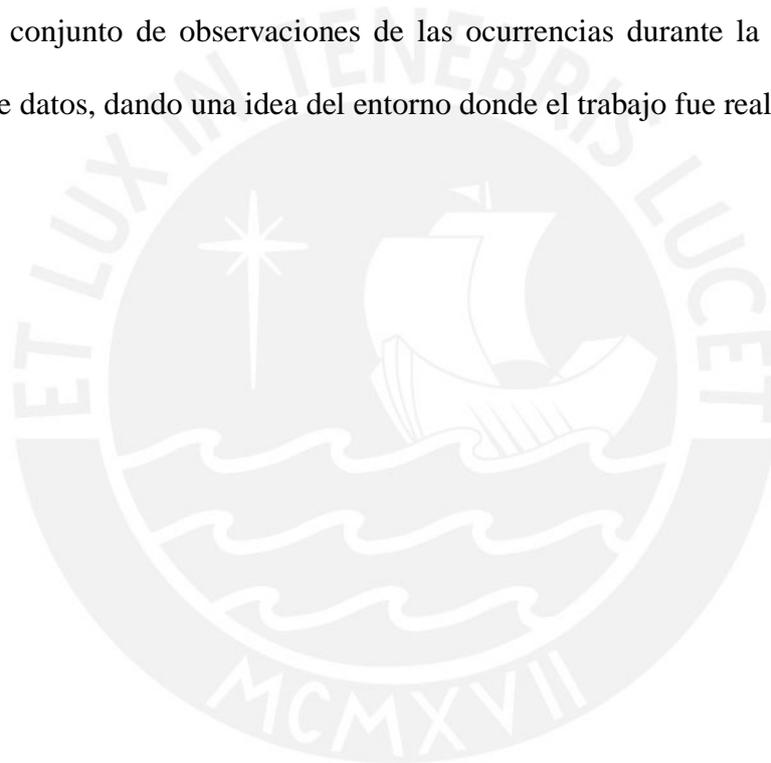
De esta manera la tesis brinda una revisión y verificación de toda la información que se posee hasta el momento sobre los parámetros de bioseguridad en ambientes ligados al sector salud y el desempeño que éstos tienen como medios para un control de calidad.

En la tesis se presenta el planteamiento de una guía para verificación de cumplimiento de parámetros medioambientales con respecto a la eficacia de la seguridad biológica. La guía planteada abarca la preparación previa y los equipos mínimos básicos para medir

los parámetros. Asimismo, se plantea una forma de reportar, graficar, analizar y brindar mejoras a los parámetros medioambientales de bioseguridad medidos.

Se describe la adquisición de datos durante el tiempo que duró el estudio: la ubicación, parámetros ambientales bioseguros y observaciones de la Unidad de Cuidados intensivos Neonatales Intermedios del INMP (UCIN INT INMP). De la información obtenida del UCIN INT INMP, se proponen modelos y se puede determinar el estado de la seguridad biológica medioambiental. La información procesada facilita el diseño de soluciones aplicadas a problemas puntuales que se encuentren.

Se brinda un conjunto de observaciones de las ocurrencias durante la experiencia de adquisición de datos, dando una idea del entorno donde el trabajo fue realizado.



### 1.1. Problemática de bioseguridad en ambientes de salud.

Todo trabajo efectuado por un ser humano tiene algún nivel de riesgo. Las personas que trabajan en el sector salud están constantemente expuestas a riesgos biológicos, debido a que la exposición a gérmenes muy agresivos puede producir infecciones.

La forma de disminuir los riesgos es por medio de elementos de protección personal, metodologías y procesos de bioseguridad, según normas de acuerdo a la labor que se realice. Quien labora en un ambiente del sector salud debe seguir normas básicas de bioseguridad para reducir el riesgo de transmisión de infecciones por contacto con fluidos corporales, microorganismos en el aire, etc.; de esta manera se prevé la propagación de enfermedades infecciosas. [27, 41]

A nivel nacional existen normas sobre bioseguridad de trabajo en ambientes de riesgo biológico, más no existe una norma o legislación que regule la bioseguridad ambiental para los casos de diseño, edificación y mantenimiento de una institución de salud. Tampoco existe un ente supervisor de procedimientos y capacidades ante emergencias biológicas.

Mejorar los estatutos y cumplir las regulaciones de bioseguridad en ambientes de salud evita, que los empleados contraigan enfermedades, ayudando a mejorar la calidad de recuperación en la salud de los usuarios, aumentando las probabilidades de supervivencia en infantes, evitando las contaminaciones cruzadas, reduciendo riesgos de endemias, epidemias o pandemias; obteniendo más beneficios que costos o inversiones en los ambientes dedicados a la salud. [21, 27]

En el Perú existen establecimientos ligados al sector salud que fueron diseñados para otros propósitos u otros límites de contención biológica, impidiendo cumplir las recomendaciones internacionales en bioseguridad. Al no cumplir requerimientos básicos de bioseguridad para un ambiente ligado al sector salud se aumenta la probabilidad de

que exista una contaminación de usuarios, trabajadores, muestras biológicas y equipos;

esto genera en el menor de los casos errores de determinación de casos clínicos, contaminaciones cruzadas que puedan infectar a otras personas ligadas al área de trabajo, casos de mala praxis involuntarios y en el peor de los casos podría generar una epidemia. Al no tener un buen control de la seguridad biológica; a lo anterior se suman los gastos económicos que implicaría el tener que resarcir los problemas mencionados de darse el caso. [22, 27, 41]

## **1.2. Estado del arte de los sistemas de medición ambiental en bioseguridad en ambientes de trabajo en salud.**

Desde mediados del siglo pasado la necesidad de medir, registrar y controlar, parámetros indispensables en diferentes tipos de área de trabajo ha aumentado en forma exponencial. El desarrollo tecnológico en diferentes áreas de la ciencia ha dado soporte en la búsqueda del ambiente ideal de trabajo, no sólo para el desempeño del ser humano en sus labores sino en búsqueda de optimizar los procesos que se llevan a cabo bajo ciertas condiciones específicas, como el caso de desarrollo de partes electrónicas, nuevos tipos de cultivo celular, desarrollo de investigaciones astronómicas, en laboratorio clínico y salas de cirugía, que cada día deben alcanzar o superar las demandas de nuevas técnicas. [9, 42, 43, 44]

Para comprender el desempeño de los equipos de medición, se debe entender que en las ciencias básicas y la ingeniería, los instrumentos de medición son aparatos usados con el fin de comparar magnitudes físicas mediante un proceso. Los instrumentos de medición usan unidades de medidas establecidas por estándares o patrones. De la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio físico y la unidad de referencia. Un instrumento de medición siempre debe tener una precisión y la sensibilidad adecuada a los rangos o niveles de los objetos a medir.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica de Perú - Programa maestría de ingeniería biomédica.

En la actualidad los diferentes ambientes de trabajo se han visto beneficiados por la adhesión de una nueva tecnología aplicada a los sistemas de medición, estos son conocidos como los Registradores de Datos o DataLoggers por su nombre en inglés. El Registrador de Datos o Datalogger es un dispositivo electrónico que registra datos a través del tiempo por medio de micro controladores en memorias tipo “flash”, existen algunos que lo hacen en relación a una o múltiples ubicaciones por medio de instrumentos y sensores, sean estos propios o conectados externamente.[42]

Los Datalogger han reducido su tamaño en los últimos años debido al desarrollo de los circuitos integrados y la capacidad de almacenamiento de datos, es así que la mayoría son pequeños, funcionan con baterías, son portátiles, equipados con microprocesadores muy eficientes y usan memoria interna o externa para almacenamiento de datos, de uno o varios sensores.

La mayoría de los Registradores de Datos o Dataloggers tienen la propiedad de comunicarse en tiempo real con sistemas de cómputo, mediante un puerto de intercambio de información y la información es almacenada, interpretada y procesada por un programa o software en la mayoría de casos. Algunos dispositivos pueden tener también una interfaz propia y pueden ser utilizados como dispositivos independientes, de donde, después, se puede extraer los datos en memorias tipo “flash”.

Los dispositivos de registro de datos digitales electrónicos almacenan la información en formato XML por convención, pero la mayoría de Dataloggers permite guardar la información en ASCII o TXT, siendo fácil el trabajar la información en una hoja de cálculo digital o exportarla a programas avanzados para trabajar con la información registrada. Actualmente se utiliza en forma unívoca la tecnología “Universal Serial Bus” (USB) para la transferencia de información.

En la actualidad los sistemas de registro y adquisición de datos Dataloggers se han vuelto indispensables en el ambiente ligado a la salud en referencia al control de la

bioseguridad, brindando datos almacenados por largos períodos o conectados en red a un sistema de monitoreo en tiempo real. Esta característica ha hecho que los Dataloggers deban operar durante un tiempo sin necesidad de una fuente de poder externa aumentando la confiabilidad en estos. Los sistemas de registro de datos están sometidos a normas que permiten la verificación de estos equipos; las principales normas son “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”<sup>2</sup> y “Validez de documentos electrónicos y Firmas Electrónicas”<sup>3</sup>; éstas verifican que el registro de datos de un Datalogger sea verdadero. [4, 5, 9]

Como ejemplo se ubica la siguiente figura (01) que corresponde a la aprobación de evaluación de operatividad de un Datalogger para múltiples usos, incluyendo sus usos en el área de la salud. No existe una reglamentación o norma exclusiva para uso de un Datalogger en el área de la Salud.

---

<sup>2</sup> ISO17025

<sup>3</sup> CFR 21 Part. 11

- Exceeds Regulatory Requirements  
 - Meets Regulatory Requirements

Measurements	Continuous Monitoring	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	User Defined Frequency	●	●	●	●	●	●	●
	Backup System	●	●	●	●	●	●	●
Alarm Notification	24 hours/day	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	7 days/week	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Notification - user defined	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Process Control	Environmental Controls (Temp/Humidity)	●	●	●	●	●	●	●
	Measurement Sensors (Unlimited)							
	RTD							
	Thermistor	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Light							
	Thermocouple							
	Pressure							
Current/Voltage								
Define Control Limits	✓	✓	✓	●	●	✓	●	
Alarm Deviations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Alarms	Bilateral or Unilateral Controls	✓	✓	✓	●	●	✓	●
	Automatic Alarm Notification	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reports	Trend Charts	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Alarm History	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Corrective Action	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Records	Readily Retrievable (web based)	●	●	●	●	●	●	●
	Printable, Electronic, Download & Store	●	●	●	●	●	●	●
	User Defined Retention	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hardware	Unique Identification ID	✓	✓	●	●	●	●	●
	Complete Documentation	✓	✓	●	●	✓	✓	●
Hardware Calibration	NIST Traceable	●	●	●	●	●	●	●
	Certified ISO 17025	●	●	●	●	●	●	●
	Calibration Records	●	●	●	●	●	●	●
Data Security & Integrity	Web-based Access	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Data Encryption	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Proprietary Protocol	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 01. Datalogger Marca Accsense en “Medical And Lab Monitoring”.

Fuente: CAS Datalogger – F.D.A. - 2010

La Organización Mundial de la Salud (OMS) promociona el uso de sistemas de registro de datos en el área de la salud pues esto permite monitorear el estado del área de labores y almacenamiento en el sector salud. Actualmente la OMS promueve el uso de Dataloggers en el control de sistema de cuidado de vacunas; así las diferentes instituciones encargadas de evaluar los sistemas de registro de información buscan integrar los medios inalámbricos comunes como la WIFI (Fidelidad Inalámbrica, Wireless Fidelity - WIFI) en forma normalizada [www.aami.org] y de esta manera optimizar el trabajo del ambiente del área de salud.

La norma CFR21 Parte 11 del Código de Regulaciones Federales de la Food And Drug Administration (F.D.A.) del gobierno de Estados Unidos de Norteamérica mantiene directrices sobre el manejo de documentos electrónicos y firmas electrónicas en los

Estados Unidos; la Parte 11 acápite 4 define los criterios bajo los cuales los documentos

electrónicos y firmas electrónicas se consideran merecedores de confianza, fiables y equivalentes a los registros en papel (Título 21 CFR Parte 11 de la sección 11.1-A; “Orientación para los sistemas informáticos utilizados en la industria de Investigaciones Clínicas, en la publicación del 2007.”).

La F.D.A. promueve la integración, armonización de sistemas de transferencia y almacenamiento de información electrónica por medios digitales para la generación de reportes con datos de fuentes electrónicas, capturados en los ambientes de estudio clínico. Adicionalmente se opta por usar la norma ISO17025, la cual tiene mucho en común con la ISO9000. Esta norma abarca todos los laboratorios de pruebas y los laboratorios de calibración, siendo los Dataloggers herramientas que deben ser probadas y calibradas desde origen. Esta norma incide sobre el fabricante y su producto. [4, 5, 9, 17]

Los equipos de registro de información básicos para un sistema de revisión de un ambiente laboral relacionado al área de salud deben ser: un anemómetro, un termohigrómetro, un sonómetro y un multímetro<sup>4</sup>.

El **anemómetro** es un equipo que mide la velocidad del viento o en algunos casos la presión que éste ejerce. Un anemómetro anexado a un sistema de registro de información conforma un Datalogger que ayuda a registrar y monitorear la velocidad de flujo del aire. En un ambiente confinado la diferencia entre el registro de aire entrante al ambiente y el registro de aire que sale del ambiente puede determinar la presión en dicho ambiente.

El **termohigrómetro** fue uno de los primeros equipos con alta demanda de actualización de sus propiedades, integrándose con los sistemas de colección de información de los sistemas Datalogger. Su propiedad de medir y registrar dos parámetros críticos, como son la temperatura y la humedad lo volvió de alto

---

<sup>4</sup> Organización Mundial de la Salud; Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos- Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos; febrero 2012.

requerimiento en diferentes campos laborales, dentro de ellos el campo de la salud. Los termohigrómetros miden la temperatura en grados centígrados o Fahrenheit y la humedad en porcentaje de humedad relativa. Algunos modelos calculan de forma automática el punto de rocío; la mayoría son fabricados con propiedades de conectividad (alámbrica o inalámbrica) para poder integrar redes de monitoreo.

Un **sonómetro** es un equipo que cuenta con un micrófono que captura frecuencias del rango audible y mide niveles de presión sonora. La presión sonora es capturada y convertida en señal eléctrica, que es procesada y convertida en una unidad de lectura, el Decibelio, que se utiliza para medir la contaminación acústica. Al estar combinado con un sistema de registro de información, el sonómetro puede almacenar la información y monitorear en tiempo real las ocurrencias en un ambiente. Los sonómetros de clase 0 para laboratorios que necesitan obtener niveles de referencia se rigen por las normas IEC 60651 y IEC 60804, emitidas por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). En ésta se unifican todos los sonómetros para que trabajen bajo los mismos parámetros y sean considerados equipos de referencia útil<sup>5</sup>.

Un **multímetro** o multítester es un equipo digital o analógico diseñado para medir diferentes variables eléctricas (amperaje, voltaje alterno o continuo, ohmiaje, temperatura, campo magnético, etc.). Este equipo en la versión digital ha sido integrado con el sistema de registro de datos, así se facilita el registro y monitoreo de datos en forma presencial o remota, en tiempo real o diferido; con esta variación se puede saber cómo fluctúa el potencial eléctrico en un ambiente en el transcurso de un periodo determinado.

### 1.2.1. Estado del arte sobre elaboración de guías.

En la actualidad todas las organizaciones que brinden bienes o servicios tienen la necesidad de mejorar sus procesos y competitividad para encontrarse a la altura de la

---

<sup>5</sup> IEC 60651 y IEC 60804

demanda del medio global, esto es aplicable a un establecimiento u organización dedicada a la salud. Un modelo antiguo de control de procesos estaba basado en inspecciones y planificación a corto plazo, este modelo satisfacía una necesidad inmediata de una organización y no se centraba en crear un beneficio para los clientes o usuarios, creándose una organización vertical rígida en la cual no se innovaba en diseños de procesos, bienes y servicios, esto provocaba altos costos de manufactura, mantenimiento y servicios, que afecta directamente a los fondos y a los usuarios. La globalización demanda la integración de nueva tecnología no solo en los bienes que consume una organización, sino también en innovación tecnológica de protocolos internos.

Normas con respecto a diseño de guías de calidad son las siguientes: <sup>6 7</sup>

- a. ISO 9000:2000 — Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y vocabulario [Cap.4-5-6-7-8].
- b. ISO 9001:2000 — Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos.
- c. ISO 8402 [Actualización en el 2000 a ISO9000].
- d. ISO 9004 — Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para la mejora del desempeño.
- e. ISO 10011-1:1990 Lineamientos para auditar sistemas de calidad- Parte 1.
- f. ISO 10011-2:1991 Lineamientos para auditar sistemas de calidad- Parte 2.
- g. ISO 10011-3:1991 Lineamientos para auditar sistemas de calidad- Parte 3.
- h. ISO 10012-1 Requerimiento de aseguramiento para equipos de medición.
- i. ISO 10013 Lineamientos para la elaboración de manuales de calidad.

Las normas mencionadas son usadas para llevar a cabo un adecuado sistema de control interno, en busca de mejorar o mantener la calidad de los procedimientos de una

---

<sup>6</sup> Referencias: [www.iso.org](http://www.iso.org), Notas de la Maestría en Ingeniería Biomédica PUCP, 2010 – I – II.

<sup>7</sup> Referentes: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud - CENETEC, México. Universidad Carlos III de Madrid.

organización. Las normas exigen a una organización diseñar políticas de operación, sistemas de control, medios de información y registro, que velan por la eficiencia, efectividad y transparencia de la entidad en su gestión de operaciones, centrándose en realizar evaluaciones permanentes, comprobación de efectividad y medición de alcance de objetivos, en base a aplicación de tecnologías de información al sistema.

Una aplicación directa es el desarrollo de una guía o manual de control, en base a las Normas de Calidad; aplicada a una organización. La guía busca generar un sistema de autoprotección en la organización o institución, disminuyendo los inhibidores de cumplimiento de normas que le impidan alcanzar sus objetivos, y así mantenerla orientada a sus propósitos principales.

Aunque no existe una estructura o formato base para una guía o manual de calidad, hay métodos para asegurar que esté orientada adecuadamente; un método básico consiste en que cada sección de un manual o guía de la calidad se regule por una norma que rijan el sistema de manera específica.

### **1.3. Justificación de la tesis:**

El Perú es un país inmerso en un desarrollo económico que induce mejoras en diferentes áreas para cubrir las demandas globales de estandarización y de calidad en diferentes sectores; el sector salud debe poseer herramientas para poder alcanzar un nivel adecuado en servicios de salud que cumplan las expectativas globales. [3, 8, 14, 27]

En el territorio peruano existen Normas Nacionales sobre cómo realizar la estructura de una edificación en salud, como el “Reglamento Nacional de Edificaciones en Salud 320660”, el cual está en proceso de actualización; sin embargo no existe una regulación y legislación sobre bioseguridad con respecto a ésta.

Para poseer una regulación sobre edificaciones relacionadas al área de salud que abarque las expectativas globales, se debe tener un sistema de referencia y evaluación

de edificaciones, según su eficiencia y efectividad en la contención ambiental de bioseguridad. [4, 5]

Poseer un sistema de referencia y evaluación, ayuda a generar información útil para mejorar los criterios iniciales en los que se basen los métodos para edificar una estructura en el sector salud; otorga información para monitorear, controlar y mejorar un área donde operen máquinas y laboren seres humanos; incrementando la calidad del área de trabajo para equipos, trabajadores y usuarios del área. [4, 5, 41]

Emplear en el sector salud una herramienta que genere información veraz sobre la eficiencia y efectividad de contención ambiental biosegura en una edificación de salud generará los siguientes beneficios:

- i. A corto plazo se espera que la guía ponga en evidencia la necesidad de medir y generar una base de datos de parámetros medioambientales bioseguros, conociendo así el estado de infraestructuras que se tienen. Será información útil para proyectos de las edificaciones en salud.
- ii. A mediano plazo se espera promover el ahorro en gastos de energía eléctrica en las áreas de los establecimientos de salud con el uso de la guía, al poder llevar control sobre los usos de los sistemas ambientales de contención biológica, aumentando la eficiencia y eficacia de los ambientes.
- iii. A largo plazo se tendrá un beneficio mayor al contar con elementos que conducen a una inversión menor en reparación, mantenimiento o recambio de equipos, disminuyéndose el costo del mantenimiento anual total entre 5% a 10% del valor inicial del equipo médico<sup>8</sup>. Se obtendrá un mejor medioambiente bioseguro que ayudará a incrementar el desempeño del personal, al encontrarse

---

<sup>8</sup> Organización Mundial de la Salud; Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos; Publicaciones disponible desde febrero 2012. OMS - Material educativo disponible en línea es la serie de cursos elaborados por la Universidad de Vermont en los EE.UU. (<http://its.uvm.edu/medtech/index.html>). La Universidad CES (Colombia) y la Pontificia Universidad Católica de Perú - versión en español del curso.

en un ambiente más adecuado de trabajo, aumentando la calidad de servicio. La mejora primordial será para los usuarios de los ambientes de salud quienes tendrán la seguridad de que resultados clínicos, tratamientos y estadías serán de alta calidad, y no se sufrirá de contaminaciones cruzadas, ni se obtendrán diagnósticos errados sobre un estado de salud. [8]

Una prueba directa de la guía de bioseguridad propuesta en la presente tesis fue llevada a cabo en la Unidad de Cuidados Intensivos Intermedios del Instituto Nacional Materno Perinatal (UCIN INT INMP), buscando mejorar la bioseguridad ambiental para cumplir las normas internacionales y así permitir un mejor desarrollo neuronal al aumentar la calidad de descanso de los pacientes neonatos en un ambiente según las demandas de simulación intrauterina<sup>9</sup>. Teniendo en cuenta que el aumento de la tasa mundial de nacimientos es de 5,84% al 6,84%, un adecuado ambiente neonatal aumenta la probabilidad de supervivencia de un neonato y su adecuado desarrollo posterior<sup>10</sup>. [8, 23]

Contar con un alto nivel de calidad en el sistema de salud, permite sobresalir en el mundo como mercado emergente para una industrialización y así atraer inversiones.

La presente tesis es de interés para instituciones estatales o privadas ligadas al sector salud, que necesiten una herramienta base para mejorar el control ambiental biológico de sus áreas críticas.

A nivel nacional el trabajo dentro de los laboratorios se encuentra normado<sup>11</sup> respecto al trabajo con patógenos y su manipulación. Las normas actuales no contemplan lo correspondiente a edificación, diseño y mantenimiento de los respectivos ambientes; tampoco da indicaciones sobre el sistema y alcance de respuesta ante emergencias

---

<sup>9</sup> Diane Holditch-Davis, PhD, RN, FAAN; Conducta del Sueño en Neonatos Prematuros y el Impacto en su Desarrollo Psicosocial; University of North Carolina at Chapel Hill, EE.UU. Puesto en línea, en inglés, el 7 de enero de 2004, Revisado, en inglés, el 31 de agosto de 2005, Puesto en línea, en español, el 29 de enero de 2010.

<sup>10</sup> S. Rellán Rodríguez, C. García de Ribera y M. Paz Aragón García.; El recién nacido prematuro; Protocolos Diagnóstico Terapéuticos de la AEP: Neonatología; Asociación Española de Pediatría. Protocolos actualizados al año 2008.

<sup>11</sup> Manual de normas de bioseguridad - Biosafety standards manual, Instituto Nacional de Salud, Perú. Fuente: Lima; Instituto Nacional de Salud; 1997. 61p. ilus; Serie de Normas Técnicas, 18.

biológicas o sobre las capacidades y limitaciones del equipamiento en los ambientes de salud. Los países vecinos de la Comunidad Hispana poseen avances sobre legislaciones ligadas al rubro del control de la seguridad biológica (Ver Anexo 05).

#### **1.4 Objetivos de la tesis:**

- a. Desarrollar una guía para la evaluación de seguridad biológica medioambiental en los ambientes relacionados al sector salud, la cual sea una herramienta de calidad.
- b. Desarrollar una guía para el planteamiento de solución de problemas en bioseguridad medioambiental.
- c. La guía será basada en normas internacionales de seguridad biológica medioambiental en áreas de trabajo del sector salud.
- d. Los datos de los parámetros medioambientales que se obtengan será mediante herramientas de medición según la guía.
- e. La guía será una herramienta de fácil uso y aplicación, sin necesidad de tener un entrenamiento avanzado en bioseguridad.
- f. Generar una guía que pueda ser fácilmente aplicada otras zonas geográficas.
- g. Evaluar algunos parámetros de bioseguridad ambiental en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) Intermedios (INT) del Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP).
- h. Plantear soluciones a los usuarios del UCIN-INT-INMP sobre Bioseguridad ambiental, basadas en el análisis de la información registrada.

##### **1.4.1. Alcances de la tesis:**

- a. Evaluar con la guía los parámetros de bioseguridad ambiental como temperatura, humedad, alimentación eléctrica y presión ambiental de gases en función de flujos en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) Intermedios

(INT) de Instituto Nacional Materno Perinatal (INMP) de octubre 2010 hasta junio 2011, ubicado en Lima.

- b. Generar reportes sobre la información colectada en UCIN-INT-INPM.
- c. Guiar la aplicación de normas internacionales referentes a medición de parámetros de seguridad ambiental biológica, en busca de disminución de errores en áreas de control biológico o de seguridad ambiental.
- d. Probar la guía diseñada de bioseguridad ambiental en UCIN-INT-INPM.
- e. Contribuir a la promoción y buen manejo de normas internacionales aplicadas a bioseguridad medioambiental en ambientes de salud, específicamente en UCIN-INT-INPM.
- f. Brindar las encuestas postuladas en la guía, sobre bioseguridad, para ser usadas por los interesados como herramientas de valoración de personal.
- g. Promover el conocimiento de la valoración de la cantidad de partículas aéreas en un ambiente de salud, proponiendo un método de evaluación.

## Capítulo 2

# Fundamentos para evaluación de Bioseguridad en ambientes de salud.



## 2.1 Revisión del concepto de bioseguridad.

El término Bioseguridad abarca una amplia gama de conceptos de seguridad biológica, desde el cuidado de las áreas verdes, apoyo a la sociedad en desarrollo de la cultura ecológica, la relevancia del desarrollo agrícola adecuado, entre otros varios; pero los principales puntos en los que se fundamenta la Bioseguridad son el control, manejo, contención, transporte y almacenamiento de agentes patógenos o sustancias biológicas peligrosas, y todo lo que con ello esté relacionado [24].

La palabra Bioseguridad no está comprendida en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española- RAE. Analizando la definición de seguridad y la definición de biología se podría decir que Bioseguridad es el acto de prevenir accidentes con seres vivos a fin de proteger la vida.

La definición correcta está dada por Organización Mundial de la Salud (OMS), en su Manual de Bioseguridad para Laboratorios 3ra Edición del 2005. En este manual se define a la bioseguridad o seguridad biológica como: “el término utilizado para referirse a los principios, técnicas y prácticas aplicadas con el fin de evitar la exposición no intencional a patógenos y toxinas, o su liberación accidental; y la bioprotección o protección biológica se refiere a las medidas de protección de la institución y del personal destinadas a reducir el riesgo de pérdida, robo, uso incorrecto, desviaciones o liberación intencional de patógenos o toxinas” [24].

### 2.1.1. Revisión del concepto accidente.

El accidente es un hecho en el cual el ente que se ve envuelto en el suceso físico, se ve dañado de manera física y psicológica, caso similar a un incidente con la diferencia que no existe daño físico de por medio. Al analizar cada factor implicado en el suceso por separado, se podrá determinar los orígenes de éste o la factibilidad de ocurrencia de un suceso adverso; para este fin se debe entrar en detalle, revisando cada factor. [24, 27,41]

En la figura (02) se representan las condiciones para un accidente, originado por la conjunción de tres factores: la condición insegura, la actitud insegura y el riesgo.

La condición insegura se debe entender como la cantidad de escenarios favorables, con respecto a la habitabilidad, que potencia la ocurrencia de un accidente o incidente. La actitud insegura se da cuando una persona actúa inadecuadamente en el ambiente donde se encuentra, contraviniendo las reglas preestablecidas de trabajo en un local [24, 27, 41]. El riesgo es una “situación estadística” en la cual dependiendo de la conjunción de factores se aumenta o disminuye la probabilidad de ocurrencia de un suceso adverso y peligroso tanto para un usuario como para el ambiente donde se lleve a cabo una labor. [24, 27, 41]

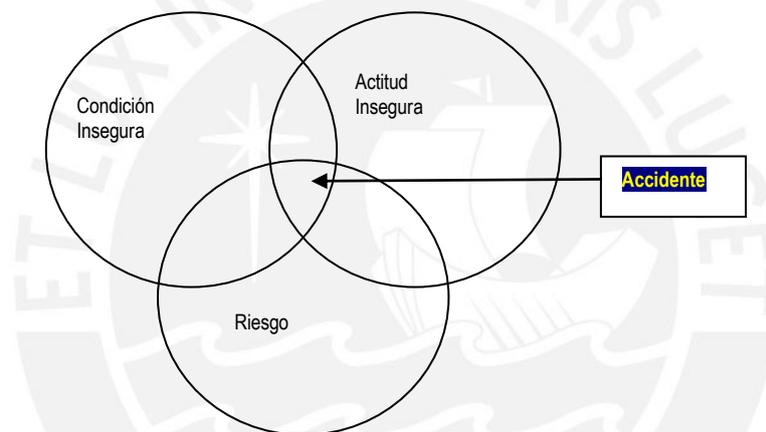


Figura 02. Gráfico de Condiciones de Accidentes, Factores. Fuente: elaboración propia.

El entender la noción de manejo de seguridad llevará a una correcta interpretación de la información que puedan brindar los informes en cada caso particular, en cada institución en la que se realice la evaluación respectiva.

Existen diferentes tipos de riesgo, los cuales se pueden englobar en tres grandes unidades:

- a. Riesgo físico (físico, eléctrico, incendio).
- b. Riesgo químico (información sobre seguridad de materiales - material safety data sheets - MSDS).

## c. Riesgo biológico (patógenos).

Una fórmula para medir riesgo es la siguiente [41]:  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ .

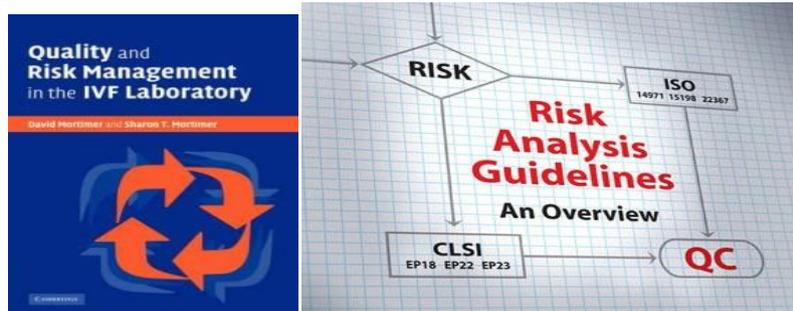


Figura 03. Riesgo; Quality and Risk Management in the IVF Laboratory. Fuente: David Mortimer and Sharon T. Mortimer.

Acotando las definiciones según la Real Academia de la Lengua Española, amenaza es el acto de amenazar, dar a entender que se quiere hacer algún mal a alguien, asimismo la vulnerabilidad es la condición de estar vulnerable, que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente.

Así es que el riesgo cero no existe, pero siempre hay probabilidad de disminuirlo y a su vez disminuir la cantidad de accidentes e incidentes que se pueden provocar.

### 2.1.2. Revisión relativa a programas de bioseguridad.

Realizar un análisis para un Programa de Manejo en Bioseguridad, necesita que haya un intercambio de información de seguridad a todo nivel de mando y entre todas las áreas de una institución. La información es generada por el staff de especialistas de las respectivas áreas médicas y de ingeniería que laboran en la institución. El programa debe ser revisado por los jefes del área administrativa para retroalimentar el programa de manejo de bioseguridad con la información de factibilidad económica y logística de la institución en salud. Así el programa puede ser adaptado y comprendido por el personal en general que labore dentro de una institución de salud, siendo conscientes de lo que están procesando, la importancia que tiene y cómo se debe proceder. [9, 14, 24, 27, 41]

Sectores en los que la bioseguridad se ve involucrada [9, 14, 24]:

- a. La seguridad física ambiental.
- b. La seguridad del Personal.
- c. Control de Material y cuantificación.
- d. Protección en el transporte.
- e. Manejo de Información en seguridad.
- f. Programa de gestión.

Sobre el manejo de un programa de bioseguridad, ver la figura (04) [9, 41]:

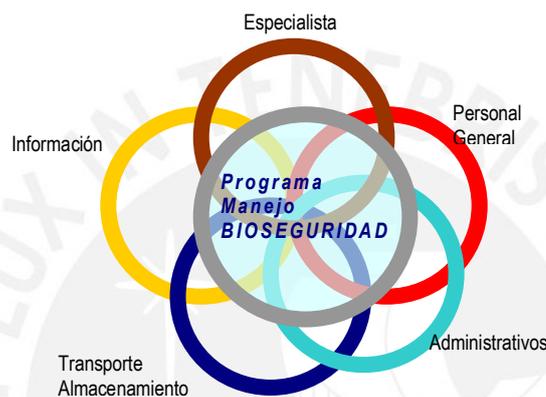


Figura 04. Programa de Manejo en Bioseguridad, partes involucradas. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura (04), un programa de manejo de bioseguridad se soporta entre diferentes áreas, con el desarrollo y las utilidades que eso implica; abarca todo el sistema de trabajo de una institución relacionada al área de salud, no únicamente al área donde se desempeña una labor. Un análisis profundo de la información que brinda un programa de manejo en bioseguridad es primordial y debe ser actualizado periódicamente para ejecutar un manejo adecuado de la bioseguridad.

### 2.1.3. Revisión sobre normas de bioseguridad a nivel nacional.

El Ministerio de Salud es el organismo encargado de realizar la acreditación de los establecimientos de salud para aprobar su uso como tales, en el cuidado de la salud pública; dicha acreditación se encuentra en fase voluntaria para las entidades de salud pública que busquen aprobación y recomendación estatal.

Actualmente el Ministerio de Salud (MINSA) utiliza tanto en sus diseños como en sus evaluaciones las siguientes herramientas bibliográficas:

- a. Norma Legal Peruana: Norma A.050 Salud Capítulo I Aspectos Generales.
- b. Norma Técnica N° 0021- MINSA / DGSP V.01 - Categorías de Establecimientos del Sector Salud - Dirección General de Salud de las Personas Dirección Ejecutiva de Servicios de Salud.
- c. El laboratorio de análisis en la UCI - Antonio Blanco - automatización de laboratorios clínicos.<sup>12</sup>
- d. Ministerio de Salud Instituto Nacional de Salud - Bioseguridad en Laboratorios de Ensayo, Biomédicos y Clínicos Sustituye: MPR-CNSP-013: Manual de bioseguridad para laboratorios Elaborado por el Comité de Bioseguridad del INS.
- e. Acreditación de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo - norma técnica N°050-MINSA/DGSP-V.02 Vol. I - "RM N° 456-2007 - Acreditación de Establecimientos de Salud -NTS 050/MINSA/DGSP/V.02".
- f. Ministerio de Salud Dirección Ejecutiva de Normas Técnicas para Infraestructura en Salud Normas Técnicas para Proyectos de Arquitectura Hospitalaria<sup>13</sup>.
- g. Programa Médico Arquitectónico para el Diseño de Hospitales Seguros, Celso Bambarén Alatrística, Socorro Alatrística de Bambarén Sinco Editores 1era Edición, diciembre de 2008, Tiraje: 300 ejemplares Impreso en Perú.
- h. Listado de Equipos Biomédicos Básicos para establecimientos de Salud - Resolución Ministerial N° 588-2005/MINSA - 27/07/2005.

A nivel nacional existen normas sobre bioseguridad sobre desempeño de labores en un ambiente de riesgo biológico, mas no existe una norma o legislación que regule la

---

<sup>12</sup> Descargable de: <http://www.hospitecna.com/>

<sup>13</sup> El Peruano viernes 9 de junio de 2006 Normas Legales 320677.

Normas técnicas para proyectos de arquitectura y equipamiento de las unidades de emergencia de los establecimientos de salud: Guías técnicas para proyectos de arquitectura y equipamiento de las unidades de centro quirúrgico y cirugía ambulatoria. Lima; MINSA; 2001. 36 p. PE18.1 MS/DGSP 29. [EN LINEA: [http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/13\\_PROYARQUIEQUIPA.pdf](http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/13_PROYARQUIEQUIPA.pdf)]

bioseguridad ambiental para los casos de diseño, edificación y mantenimiento de una institución de salud.

## 2.2. Discusión sobre guías y normas nacionales e internacionales de bioseguridad en ambientes de salud.

En el cuadro (01) que se puede ver a continuación se resume el detalle comparado de una norma internacional respecto a una norma nacional.

<p>CRITERIO DE COMPARACIÓN</p>	<p>NORMAS INTERNACIONALES ASHRAE estándar 52.1; capítulo 24 - 2004 / ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment; capítulo 16 – 2005 / ASHRAE Handbook—Fundamentals; ASHRAE estándar 62.1.</p>						<p>NORMAS NACIONALES Reglamento Nacional de Edificaciones en Salud 320660 El Peruano viernes 9 de junio de 2006</p>			
<p>Demandas de eficiencia para centrales de ventilación y sistema de aire acondicionado en Hospitales Generales - Áreas específicas</p>	<p>Número mínimo de filtros</p>	<p>Área a designar</p>				<p>Eficiencia MERV FILTRO</p>		<p>N/A</p>		
	<p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuartos de procedimientos operatorios generales</li> <li>• Cuartos de despacho</li> <li>• Ambientes de Cuidados al Paciente</li> <li>• Cuidados Intensivos</li> <li>• Dormitorios</li> <li>• Área de tratamiento</li> <li>• Área de Diagnóstico</li> </ul>				<p>8</p>	<p>14</p>			
<p>MERV = Minimum Efficiency Reporting Value based. ASHRAE estándar 52.2-1999. Filtros HEPA para sistema de salida de aire.</p>										
<p>Requerimientos de ventilación para áreas de cuidados de pacientes intra y extra hospitalarios</p>	<p>Área</p>	<p>Relación de presión con áreas adyacentes</p>	<p>Cambios totales de aires desde y hacia el exterior por hora</p>	<p>Cantidad máxima de intercambios de aire por hora</p>	<p>Salida de aire directa al exterior</p>	<p>Recirculación De aire Dentro del área</p>	<p>Humedad Relativa Hr%</p>	<p>Temperatura °C</p>	<p>N/A</p>	
	<p style="text-align: center;">Cirugía y Cuidados Críticos</p>									
	<p>U.C.I.</p>	<p>Positivo Solo registro activo</p>	<p>2</p>	<p>6</p>	<p>—</p>	<p>No</p>	<p>30 a 60</p>	<p>21 a 24</p>		
	<p>Cuidados de recién nacido</p>	<p>Positivo Solo registro activo</p>	<p>2</p>	<p>6</p>	<p>—</p>	<p>No</p>	<p>30 a 60</p>	<p>22 a 26</p>		
<p>Área de cuidados</p>	<p>Positivo Contro</p>	<p>5</p>	<p>12</p>	<p>—</p>	<p>No</p>	<p>30 a 60</p>	<p>24 a 27</p>			

	l y registr o						
Cuidados del paciente básico							
Cuartos de pacientes	— Solo registro activo	2	6	—	—	30 (invierno) 50 (verano)	21 a 24
Servicios higiénicos	Negativo Control y registro	Opcional	10	Sí	No	—	—
Ambiente del recién nacido	— Solo registro activo	2	6	—	No	30 a 60	22 a 26
Cuarto de protección ambiental	Positivo Control y registro	2	12	—	No	—	21 a 24
Cuarto de aislamiento de pacientes con infecciones – Control epidemias	Negativo Control y registro	—	12	Sí	No	30 a 60	21 a 24
Ambiente de aislamiento o antecámara	Pos./Neg. Control y registro	2	10	Sí	No	—	—
Trabajos, alta, recuperación, post-Parto	— Solo registro activo	2	6	—	—	30 (invierno) 50 (verano)	21 a 24
Corredor público	Negativo Control y registro	2	2	—	—	—	—
Corredor de pacientes	— Solo registro activo	2	4	—	—	—	—
Se recomienda ante cámaras antes de ingreso a área de cuidados intensivos, cirugía y área de recién nacidos.							

Cuadro 01. Comparado de una norma internacional respecto a una norma nacional.

Fuente: Elaboración propia.

Se encuentran diferencias entre ambos grupos de normas. Las normas nacionales en bioseguridad para ambientes biológicamente seguros, no poseen el nivel de detalle de algunas normas internacionales en bioseguridad para ambientes biológicamente seguros. Se puede mencionar que la “NORMA A 130” publicada en El Peruano el viernes 9 de junio de 2006 “NORMAS LEGALES 320677” cita las normas de las guías de la "NFPA 15-17-24-27-92B” que se usan como referentes para contención de fuegos en ambientes de salud. Ésta práctica de innovación por emulación se puede aplicar a toda las Normas Peruanas usando como base las guías y normas de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning – ASHRAE, u otras.

Actualmente no se cuenta con un organismo estatal que unifique criterios de aplicación de seguridad biológica desde una visión que englobe las técnicas y tecnologías aplicadas a bioseguridad; debido a que el común de las normas nacionales abarcan al sistema de control de muestras, a la manipulación del usuario, al método de trabajo y no se toma en cuenta cómo debe gestionarse un área o ambiente de trabajo biológicamente seguro, como el caso del Documento Técnico Política Nacional de Calidad en Salud RM N° 727-2009/MINSA, en el cual se abarca los temas de personas o muestras de trato especial por el tipo de labor que allí se desempeña, entiéndase por gestionarse el medir, registrar, controlar y mejorar las condiciones ambientales.

El Perú está dentro del Proyecto en Bioseguridad - LAC-Biosafety (GEF-Banco Mundial), para América Latina en Construcción de capacidad Multi-País en Bioseguridad (Brasil, Colombia, Costa Rica y Perú) para el cumplimiento del protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad.

Aunque en el territorio nacional se tiene normas para la construcción de instituciones hospitalarias o establecimientos de salud, la búsqueda de acreditación es voluntaria

debido a que no hay un solo ente que sea rector sobre estas normas, porque aún no son legislaciones.

En el caso del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica - E.E.U.U., se encuentra por ejemplo la Sociedad Americana de Ingeniería en Calefacción, Refrigeración e Aire Acondicionado (ASHRAE) la cual es una sociedad técnica internacional para todas las personas y organizaciones interesadas en calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración; así la ASHRAE está orientada a normar, regular y otorgar manuales (Handbooks) para la adecuada ambientación de diferentes tipos de construcciones sean estas móviles o estáticas dentro de E.E.U.U y Norte América.

En los documentos de la ASHRAE se explica en detalle los tipos de construcciones dependiendo de sus labores, qué sistemas de control ambiental deben tener y si se innova a una nueva tecnología se indica cómo proceder para realizar una comparación técnica de estandarización. Asimismo se otorgan las características de ingeniería para cada área involucrada en el desarrollo de un ambiente, igualmente el cómo llevar el registro y control de lo efectuado para certificar la eficiencia y efectividad de las aplicaciones técnicas.

Las guías nacionales se encuentran desactualizadas en el tema de control básico de bioseguridad medioambiental. Esto se observa en edificaciones del sector salud que no fueron diseñadas para sostener un avance tecnológico, no amparando la aplicación de nuevas tecnologías, estas edificaciones se suelen modificar bajo criterio de los proveedores de las nuevas técnicas y tecnologías. Las directrices de las normas peruanas para ambientes ligados al sector salud son muy elementales, y muchas veces no alcanzan las condiciones mínimas para el adecuado desempeño de una nueva tecnología.

En países vecinos como Chile, Brasil y Argentina se posee un avance sobre el tema de contención ambiental biológica<sup>14</sup>, para brindar seguridad a las personas que estén dentro de los ambientes de salud. Los demás países hispanos que poseen avances en sus regulaciones no son diferentes al Perú con respecto a la viabilidad de obtener nueva tecnologías y la posibilidad de inversión en salud; muchos de estos países replican, aplican y usan como base las normas internacionales como las de ASHRAE.

### **2.3. Condiciones normalizadas en un ambiente de salud.**

#### **2.3.1. Temperatura.**

La temperatura ambiente normal se encuentra en el rango  $20^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$ , para equipos de laboratorio en general no de UCIN-INT-INMPN; pudiendo variar las tolerancias en función del tipo de medición o protocolo a realizar. Las variaciones de la temperatura están dentro o limitado a  $2^{\circ}\text{C/h}$ ; siendo el intervalo de tolerancia de  $4^{\circ}\text{C}$ , variación de  $1.00^{\circ}\text{C}$  fuera del rango equivale a 4% de error<sup>15</sup>.

El rango de temperaturas deberá cumplirse para los ambientes de trabajo del sector salud pues permitirá el correcto desempeño de los protocolos desarrollados. Cumpliendo con el rango de temperaturas se disminuiría la probabilidad de cometer errores en mediciones de resultados. [5, 41]

#### **2.3.2. Humedad.**

La humedad deberá ser la menor posible, porque una humedad alta acelera la oxidación de los instrumentos (dañando los chasis y circuitos); sin embargo, para lograr la habitabilidad de un ambiente no puede ser menor del 50% ni mayor del 75% (ideal 65%)<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Mención de legislaciones de otros países Hispanos [21] y anexo 5.

<sup>15</sup> IUPAC [ISBN 0865426848].

<sup>16</sup> NFPA 99 Standard for Health Care Facilities 1999 Edition National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 An International Codes and Standards Organization.

El rango de humedad relativa deberá cumplirse en los ambientes de trabajo, pues evitará la condensación de agua en el punto de rocío sobre circuitos electrónicos. Cumpliendo con los rangos se evitará la generación de corrosión en las placas de los equipos de laboratorio que disminuiría la vida útil de estos. [5, 41]

### **2.3.3. Presión atmosférica.**

La presión atmosférica normalizada en ambientes de hospitalización suele ser ligeramente superior a la externa (rango de +/- 25 Pa sobre 01 Atm o 125Pa, + presión positiva y - negativa respectivamente) para evitar la entrada de aire sucio de otras zonas al abrir las puertas de acceso [3, 5, 9, 24, 27, 41, 45]. En el caso de ambientes con riesgo biológico (manipulación de agentes infecciosos) la situación es la contraria, ya que debe evitarse la salida de aire del laboratorio que puede estar contaminado, por lo que la presión será ligeramente inferior a la externa<sup>17</sup>.

Se deberá cumplir con los diferentes tipos de presiones atmosféricas señaladas para los ambientes de trabajo, pues evitará la salida (para el caso de presión negativa) de agentes patógenos a los ambientes de 01 atmósfera de presión y la entrada (para el caso de presión positiva) de agentes patógenos desde ambientes de 01 atmósfera de presión. Cumpliendo con lo mencionado se evitará que ocurra una contaminación cruzada que sería perjudicial para los seres humanos no preparados para estar expuestos a ciertos patógenos, así como también se evitará la contaminación de muestras por agentes extraños que creen confusión en lecturas de protocolos.

### **2.3.4. Alimentación eléctrica.**

Las variaciones de la tensión de la red deben limitarse cuando se realizan mediciones con adquisición de datos, que puedan verse alteradas por la variación de la tensión de entrada en los aparatos. [5, 22]

---

<sup>17</sup> Laboratory Design Handbook – Critical Enviroments, P/N 2980330 Rev A. Copyright © 2005 by TSI Incorporated All Rights Reserved.

Todos los ambientes deben tener un sistema eléctrico de emergencia diferenciado de la red eléctrica normal, donde van conectados aparatos como congeladores, neveras, incubadoras, etc. y otro para equipos de alta tecnología, para evitar problemas en caso de cortes de energía eléctrica (monofásico).

Sea la alimentación eléctrica de 220vac (de alto uso) o de 110 vac (de bajo uso) deberá cumplir cualquiera de los dos siguientes casos (ver figura 05 de toma corriente):

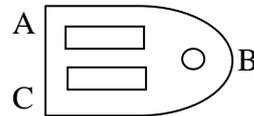


Figura 05. Toma eléctrica estándar. Fuente: elaboración propia

Caso1:	$V_{a-c} = 220 \pm 10\% \text{ o } 110 \pm 5\% \text{ vac.}$
	$V_{a-b} = (V_{a-c}) \pm 10\% \text{ vac}$
	$V_{c-b} \leq 1 \text{ vac}$
Caso2:	$V_{a-c} = 220 \pm 10\% \text{ o } 110 \pm 5\% \text{ vac.}$
	$V_{a-b} = (V_{a-c}) \times 0.50 \text{ vac}$
	$V_{c-b} = (V_{a-c}) \times 0.50 \text{ vac}$
	$V_{\text{dif}} = (V_{a-b}) - (V_{c-b}) \leq 1 \text{ vac}$

Cuadro 02. Casos de valores de voltaje. Fuente: Elaboración Propia

Es recomendable dos pozos a tierra, uno de 01 a 03 ohm para equipos de alta sensibilidad (considerando sus periféricos) en establecimientos de salud y de investigación microbiológica, para los demás equipos eléctricos otro pozo a tierra de 03 a 08 ohm; ambas líneas por separado y bien definidas. Asimismo deberán estar acompañados de sistema de soporte de energía<sup>18</sup>.

Los armónicos [17, 18, 19] son parte influyente en la calidad de energía. La calidad de la energía abarca todo lo relacionado con las variaciones que se generan en los sistemas eléctricos y que alteran la forma de onda del voltaje, la forma de onda de la corriente o la frecuencia, repercutiendo en los sistemas causando fallas ó daños en equipos, junto con operaciones erráticas de las protecciones y desperdicio de energía. Los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es

<sup>18</sup> NFPA 99 Standard for Health Care Facilities 1999 Edition National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 An International Codes and Standards Organization.

constante, es decir, varía en función de la tensión eléctrica. Estas cargas no lineales, aunque sean alimentadas con poder sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal, desfasándose un ángulo respecto a la tensión, generando ondas de corriente distorsionadas que originan a su vez corrientes “armónicas” de retorno hacia otras partes del sistema de alimentación.

Los “Armónicos” se hacen visibles especialmente en los equipos provistos de fuente de alimentación de entrada con condensadores o diodos, es decir computadoras, motores de velocidad regulable, impresoras y material electromédico, los armónicos son un subproducto de las aplicaciones tecnológicas actuales.

Cuando hay armónicos la forma de la onda no presenta una forma sinusoidal; sino que aparece distorsionada, siendo estas ondas no sinusoidales. La red de alimentación puede ser una fuente indirecta de los armónicos de tensión.

Ante la posibilidad de encontrarse con redes de poder defectuosas se debe aplicar la norma IEEE – Standard 519-1992 que menciona que los valores máximos de la distorsión total de las corrientes armónicas, debe ser como máximo de 20% de la corriente de alimentación; pero para considerar afectado el sistema eléctrico, el número de datos mayores al valor máximo deben ser más del 5 % de las mediciones hechas; manifestándose los principios exactos de detección de los puntos críticos donde se generan los armónicos; la IEEE – Standard 519 fue generada para prever la aparición de armónicos en las redes de nuevas construcciones, anticipándose al soporte que la red eléctrica en la edificación deberá soportar, pudiendo ser usada para llevar a cabo cambios. La IEEE – Standard 519 sirve como método de verificación eventual cuando una unidad o construcción no posee un sistema de monitoreo y registro continuo de la calidad de poder eléctrico en su red.

La proliferación de equipos causantes de perturbaciones es una preocupación creciente, sus efectos llevan a la necesidad de establecer criterios y procedimientos que posibiliten

la convivencia armoniosa entre los equipos perturbadores y equipos sensibles a las perturbaciones de tensión.

Los principales efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son: [22]

- a. Distorsión de voltaje en el sistema eléctrico.
- b. Interrupción de procesos productivos.
- c. Excesivas corrientes de retorno en el neutro.
- d. Altos niveles de voltaje de neutro a tierra.
- e. Sobrecalentamientos en los transformadores y elevados campos electromagnéticos.
- f. Disminución en la capacidad de los equipos de distribución.

Verificar los criterios básicos de instalación eléctrica mencionados permite comprobar si las fuentes de alimentación a los equipos en los ambientes de trabajo son las adecuadas. El cumplir con el criterio dado disminuirá la introducción de señales falsas en los sensores y alargará la vida útil de los equipos.

### **2.3.5. Partículas.**

La presencia de partículas se controla en varios tipos de ambiente, ya que altera el comportamiento de muchos procesos físicos al modificar la composición del aire. En los laboratorios de metrología el polvo afecta la medición de espesores en distintas piezas<sup>19</sup>.

Se verifica por presencia de precipitados en superficies de trabajo. [5]

El evitar la intromisión de partículas conocidas como polvo evitará la generación de varios problemas en ambientes de trabajo. Mantener un ambiente exento de polvo evitará problemas como cierre involuntario de válvulas de gases, recalentamiento en equipo electrónico de laboratorio, el mal funcionamiento de piezas mecánicas en equipos de laboratorio automático. La ausencia de partículas de polvo en conjunción con alta humedad y alta temperatura, evitará zonas involuntarias de cultivo de

---

<sup>19</sup> NFPA 99 Standard for Health Care Facilities 1999 Edition National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 An International Codes and Standards Organization

patógenos lo cual crearía puntos de contaminación biológica. En la bibliografía consultada no se manifiestan rangos de partículas para un área de salud, sólo se indica llevar a cabo los mantenimientos periódicos de los sistemas de aire acondicionado. Por lo referido anteriormente no se otorga un rango o límites permisibles para UCIN INT INMP.

Valores perjudiciales en ambiente urbano: (exposición prolongada de un tiempo mínimo de tres años, responsable de enfermedades respiratorias entre 20% a 30%)

- Valor máximo para Material Particulado de 2,5um (MP2,5):
  1. 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual
  2. 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas
- Valor máximo para Material Particulado de 10,0um (MP10):
  1. 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual
  2. 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas

Los datos otorgados son para ambiente urbano, la Organización Mundial de la Salud - OMS, sostiene que no puede declarar que estos datos sean totales y únicos, pues no tienen información si valores menores pueden ser perjudiciales para seres humanos en diferentes condiciones<sup>20</sup>.

Valores de Unidades formadoras de colonias<sup>21</sup> (UFC) por Área de Hospitalización<sup>22</sup>, como referencia:

- Unidad de trasplante de medula ósea: <1UFC/m<sup>3</sup>

<sup>20</sup> Organización Mundial de la Salud; Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Actualización mundial 2005, Resumen de evaluación de los riesgos, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza, 2006. Organización Mundial de la Salud; Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza, 2012.

<sup>21</sup> Unidades Formadoras de Colonias: valor que indica el grado de contaminación microbiológica de un ambiente, correspondiente al número relativo de microorganismos en un volumen de un metro cúbico de agua.

<sup>22</sup> Ricardo Narváez Blas; "Recomendaciones a tener en cuenta para la selección, uso y mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado de los centros quirúrgicos, obstétricos y áreas críticas de los centros asistenciales de ESSALUD"; Gerencia de Ingeniería Clínica y hospitalaria, Sub-Gerencia de Ingeniería Clínica, ESSALUD; 2005.

- Quirófano de trasplante: <math><10\text{UFC}/\text{m}^3</math>
- Quirófanos en general: <math><70\text{UFC}/\text{m}^3</math>
- Salas de internación común: <math>300\text{--}400\text{UFC}/\text{m}^3</math>

### 2.3.6. Vibración y Ruido.

La incomodidad que genera la presencia de ruido para los pacientes, trabajadores y técnicos, también afecta otros factores: éste puede falsear mediciones realizadas por procedimientos mecánicos. Es el caso, por ejemplo, de las máquinas de medir por coordenadas. El límite máximo de ruido en ambiente confinado es de 45DbA y en ambiente abierto es de 65DbA<sup>23</sup>.

El cumplir con los límites máximos establecidos evitará que las ondas de presión ejercidas en el aire puedan entrar a zonas críticas de trabajo dentro de los ambientes. El evitar la intromisión de ruido generará un ambiente más productivo, con personal más atento a los protocolos que se realicen evitando incómodas distracciones en procesos de determinación de resultados de laboratorio. [3, 9, 24]

## 2.4 Instrumentación para evaluación de bioseguridad ambiental en ambiente clínico<sup>24</sup>.

Las herramientas descritas a continuación son las utilizadas en las determinaciones llevadas a cabo:

### Multímetro:

Especificaciones eléctricas:

DC Voltaje

Rango	Resolución	exactitud
600 mV	0.1 mV	$\pm (0.5 \% \text{ de lectura} + 8 \text{ dígitos})$

<sup>23</sup> DECRETO 2217 Decreto mediante el cual se dictan las Normas sobre el Control de la Contaminación generada por el Ruido GACETA OFICIAL N° 2.519, de fecha 27 de abril de 1992

<sup>24</sup> Descripción de especificaciones en manuales adjuntos a las herramientas.

6 V	1 mV	± (0.8 % de lectura + 5 dígitos)
60 V	10 mV	
600 V	100 mV	
1000 V	1 V	± (1.0 % de lectura + 10 dígitos)

Cuadro 03. Voltaje corriente continua. Fuente: manual SM Multimeter.

Impedancia de entrada: > 10 MΩ - común: DC voltaje: > 100 dB at DC 50 o 60 Hz -

Normal: DC voltaje: > 45 dB at 50 Hz o 60 Hz

AC Voltaje

Rango	Resolución	Exactitud
600 mV	0.1 mV	± (3.0 % de lectura + 3 dígitos)
6 V	1 mV	± (1.0 % de lectura + 3 dígitos)
60 V	10 mV	
600 V	100 mV	
700 V	1 V	± (1.5 % de lectura + 3 dígitos)

Cuadro 04. Voltaje corriente alterna. Fuente: manual SM Multimeter

DC corriente

Rango	Resolución	Exactitud
600 μA	0.1 μA	± (1.5 % de lectura + 3 dígitos)
6000 μA	1 μA	
60 mA	0.01 mA	± (1.8 % de lectura + 5 dígitos)
600 mA	0.1 mA	
6000 mA	1 mA	± (2.0 % de lectura + 5 dígitos)
10000 mA	10 mA	

Cuadro 05. Amperaje corriente continua. Fuente: manual SM Multimeter

AC Corriente

Rango	Resolución	exactitud
600 μA	0.1 μA	± (1.8 % de lectura + 5 dígitos)
6000 μA	1 μA	
60 mA	0.01 mA	± (2.0 % de lectura + 8 dígitos)
600 mA	0.1 mA	
6000 mA	1 mA	± (3.0 % de lectura + 8 dígitos)
10000 mA	10 mA	

Cuadro 06. Amperaje corriente alterna. Fuente: manual SM Multimeter

Frecuencia (10 Hz ~ 1 MHz)

Rango	Resolución	exactitud
99.99 Hz	0.01 Hz	± (0.1 % de lectura + 3 dígitos)
999.9 Hz	0.1 Hz	

9.999 kHz	0.001 kHz	
99.99 kHz	0.01 kHz	
999.99 kHz	0.1 kHz	

Cuadro 07. Frecuencia. Fuente: manual SM Multimeter

Protección de sobrecarga: 250 V DC o 250 V AC rms

Resistencia:

Rango	Resolución	exactitud
600.0 Ω	0.1 Ω	± (0.5 % de lectura + 3 dígitos)
6.000 kΩ	1 Ω	± (0.5 % de lectura + 2 dígitos)
60.00 kΩ	10 Ω	
600.0 kΩ	100 Ω	
6.0 MΩ	1 kΩ	± (1.5 % de lectura + 3 dígitos)
60.00 MΩ	10 kΩ	

Cuadro 08. Resistencia. Fuente: manual SM Multimeter

Protección de sobrecarga: 250 V DC o 250 V rms AC

Prueba de Diodo

Rango	Resolución	Exactitud
1 V	0.001 V	1.0 % Incertidumbre

Cuadro 09. Voltaje diodo. Fuente: manual SM Multimeter

Revisión de continuidad

Rango	Resolución	exactitud
600 Ω	0.1 Ω	Voltaje de circuito abierto: aprox. 0.5 V

Cuadro 10. Resistencia continuidad. Fuente: manual SM Multimeter

Descripción: continuidad sonido ≤ 50 Ω - Protección de sobrecarga: 250 V DC o 250 V rms AC

Temperatura

Rango	Resolución	Exactitud
-55 ~ 0 °C	0.1 °C	± (5.0 % de lectura + 4 °C)
1 ~ 400 °C		± (2.0 % de lectura + 3 °C)
401 ~ 1000 °C	1 °C	± (2.0 % de lectura)

Cuadro 11. Temperatura. Fuente: manual SM Multimeter

Protección de sobrecarga: 250 V DC o 250 V rms AC

Capacitancia

Rango	Resolución	Exactitud
60 nF	10 pF	± (3.0 % de lectura + 20 dígitos)
600 nF	100 pF	
6 μF	1 nF	

Cuadro 12. Faradios. Fuente: manual SM Multimeter

Protección de sobrecarga: 250 V DC o rms AC

Termohigrómetro:

Especificaciones:
Rango de temperatura: -40~+120 C
Resolución en rango de temperatura: 0.06C
Precisión de temperatura: + 2C
Rango de humedad: 0~100RH%
Resolución en rango de humedad: 0.03RH%
Precisión de humedad: ±5 RH% (20RH%~90 RH%)
Voltaje: 4~6V
Amperaje:< 10 mA

Cuadro 13. Especificaciones termohigrómetro. Fuente: HK Manual



Figura 06. Equipos de medición de bioseguridad ambiental en ambiente de salud, Datalogger y UMPC usados en trabajo. Fuente: elaboración propia.

Anemómetro:

Especificaciones				
Rango de velocidad de viento				
unidad	Rango	Resolución	Umbral	Exactitud
M/s	0~30	0.1	0.1	±5%
Km/hr	0~90	0.3	0.3	
Rango de temperaturas de viento				
Unidad	Rango	Resolución	Exactitud	

C	-10C~+45C	0.2	+2C
---	-----------	-----	-----

Cuadro 14. Especificaciones anemómetro. Fuente: Lacross Manual

Sonómetro:

Exactitud	±2dB
Rango de Frecuencia	31.5Hz → 8.5k Hz
Linealidad	30dB
Frecuencias (registro por oído humano)	A- intensidad baja ≤80dB, dolor acústico; C- gran intensidad >80dB.
Niveles de medición	40→130dBA 40→130dBC
Temperatura de Operación	1→40°C
humedad de operación	10% Hr→70% Hr
Micrófono	1.27 cm diámetro del electro condensador

Cuadro 15. Especificaciones sonómetro. Fuente: TDJ manual.

Encuesta digital:

En el presente trabajo se proponen dos encuestas las cuales se pueden encontrar en el anexo de la tesis<sup>25</sup>. Las encuestas son las siguientes:

1. Trabajadores Grado técnico: Cuestionario, emergencia de contención de riesgo biológico 01 (ver anexo 01).
2. Trabajadores Grado Superior: Cuestionario, emergencia de contención de riesgo biológico 02 (ver anexo 02).

**2.4.1. Diseño de la base de datos.**

Los datos de: fluido eléctrico, humedad, temperatura y presión en función de la velocidad de la corriente de aire (entradas y salidas), deberán ser vertidos en tablas en forma cronológica indicando el número de dato, el día, la hora de captura del dato y el punto de posición global, en cuadros separados por cada tipo de información.

La toma del punto de posicionamiento global con el equipo conocido como GPS es de suma importancia, pues permite conocer la situación ambiental a la que el diseño a proponerse como solución deberá enfrentar, según el tipo de piso ecológico en el que se

<sup>25</sup> Encuestas basadas en las encuestas de bioseguridad del U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Office of Regulatory Affairs – adaptado de: Agencia para la Investigación y la calidad de cuidados en Salud, Agency for Healthcare Research and Quality - AHRQ; Bioterrorism Emergency Planning and Preparedness questionnaire for Healthcare Facilities. 2002. USA.

pueda encontrar el ambiente. La correcta medición del punto de posicionamiento, la validación de la toma de ese punto y certificación de los datos otorgados por el equipo conocido como GPS, se realizan de forma automática; pues el mencionado equipo ha sido diseñado y probado según normativa “ANSÍ/ASME B89. 1.12M-1990 Methods for performance evaluation of coordinate measuring machines. American National Standard Institute/ The American Society of Mechanical Engineers”.

Los datos que sean otorgados por las encuestas serán trabajados de forma independiente según el tipo de encuesta 01 ó 02 y serán usados como referencias de conocimiento de manejo de los parámetros medido.

#### **2.4.2. Usos de la base de datos.**

El registro de los datos físicos servirá para coleccionar datos a ser graficados para su mejor comprensión. De los datos se obtendrá la media y promedio. Se deberá cuantificar el número de veces que los valores salen de los rangos. Los valores que salieran de los rangos establecidos serán resaltados como información relevante.

Los cuadros servirán para proyectar la posible problemática en el ambiente evaluado y con la información coleccionada se propondrá una posible solución.

El mismo ambiente se evaluará de manera similar tanto al iniciar como al finalizar el estudio, para comparar la información coleccionada final contra la inicial.

Las encuestas a emplearse podrán ser graficadas según los criterios de evaluación dados para obtener una representación de situación de las personas que laboran en el ambiente evaluado, esto permitirá deducir los posibles puntos débiles de las prácticas que se desarrollen y reforzarlos. Asimismo las encuestas otorgarán mayor información sobre criterios de adaptación de personal para un mejor desempeño en sus labores.

Las encuestas deberán ser tomadas antes y después de la ejecución de la factible solución proyectada, para dar un criterio de cuantificación valedero a la encuesta misma.

## Capítulo 3.

Guía para análisis situacional y  
planteamiento de soluciones en ambientes  
de salud.



### 3.1 Requerimientos y características de la guía

Los problemas de calidad en la bioseguridad ambiental de interiores afectan a todos los tipos de construcciones, dentro de ellas los centros de salud y ambientes ligados al sector salud. Los problemas de bioseguridad ambiental se pueden reducir a través de una mejor planificación, diseño, operación, mantenimiento y uso de materiales, es así que la presente guía busca cumplir en forma efectiva con la valoración de los parámetros ligados a la bioseguridad en ambientes ligados al sector salud.<sup>26 27</sup>

Las características de la guía son:

- a) La guía será una herramienta de valoración de calidad de la bioseguridad ambiental de un ambiente ligado al sector salud.
- b) La guía estará basada en manuales y normas internacionales vigentes al momento de la redacción.
- c) La guía estará redactada para un fácil entendimiento de un lector que busque llevar a cabo una valoración de la calidad de un ambiente ligado al sector salud.
- d) La guía tendrá como parámetros básicos valederos, para la evaluación de la bioseguridad ambiental de un ambiente ligado al sector salud, los siguientes:
  - i. Temperatura ambiental del área.
  - ii. Humedad ambiental del área.
  - iii. Presión ambiental de área en función de los flujos de aire.

---

<sup>26</sup> Organización Mundial de la Salud; Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Actualización mundial 2005, Resumen de evaluación de los riesgos, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza, 2006.

<sup>27</sup> Organización Mundial de la Salud; Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza, 2012.

- iv. Electricidad suministrada al área en función de los valores de voltaje.
  - v. Material particulado del aire en el área.
  - vi. Encuestas de conocimiento sobre bioseguridad y seguridad del personal que labora en el área.
  - vii. Valores de sonido máximos en el área.
- e) La guía brindará un listado de verificación y unas encuestas base, que pueden ser empleadas o modificadas para su uso, en la colección de datos para la evaluación de la bioseguridad medioambiental en un área ligada al sector salud. La guía está basada en material bibliográfico sobre verificación de la Organización Mundial de la Salud, de la Administración Americana de Drogas y Alimentos, y de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado. Los datos pueden ser colocados manualmente o digitalmente, en versiones digitales o impresas de los documentos referidos, según sea el caso.
- f) En la guía se mencionarán las herramientas básicas que se pueden usar para realizar la medición de los parámetros de bioseguridad ambiental. A las herramientas mencionadas les acompañan especificaciones de las características mínimas del parámetro que medirá.
- g) La guía promoverá que los datos colectados del registro, sean procesados con hojas de cálculo digitales, las cuales permitan ordenar los datos según el momento de colección y el valor capturado, para después ser graficados, aportando un mejor entendimiento de la bioseguridad ambiental. Las gráficas también pueden ser hechas manualmente en un plano cartesiano de valor registrado vs. tiempo (unidades de toma de muestra versus tiempo respectivo).

- h) El método para valorar el estado de bioseguridad ambiental se basará en comparación de los límites de los rangos de cada parámetro mencionado, con las gráficas de las curvas generadas por los datos adquiridos, comparando las curvas superpuestas a los valores constantes de los límites otorgados para cada uno de los parámetros mencionados. Así que mientras más lejos esté la curva de datos de los límites, o mientras más veces se salga la curva de los límites; menor será la probabilidad de cumplir el parámetro de bioseguridad ambiental que se analice.
- i) La forma en que la guía propondrá soluciones probables a posibles problemas detectados durante el análisis de los valores de los parámetros registrados, es flexible y general, pues cada tipo de establecimiento, ambiente o área ligado al sector salud posee limitaciones diferentes en cada caso (en algunos casos se aplican los mismos valores a varias áreas). La guía recomienda (al igual que el sistema de valoración de la calidad: Organización Internacional de Normalización - International Organization for Standardization - I.S.O.) que se usen las normas de calidad por tipo de ambiente a evaluar como base para los rangos de parámetros. La guía promueve el uso del manual de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado.

Las características mencionadas serán propuestas en la guía para uso por terceros; debido a que cada país establece las normas de calidad de un medioambiente bioseguro para proteger la salud pública, y que las normas varían en función del enfoque de los riesgos para salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales. Los valores recomendados en la guía tienen en cuenta la heterogeneidad, debiendo revisar a futuro las actualizaciones bibliográficas (ver anexo 5 y referencias bibliográficas).

La guía se formula como ayuda en la preparación de sistemas de valoración de la calidad de un medioambiente bioseguro, así orienta en la disminución de los efectos perjudiciales de un inadecuado sistema de bioseguridad ambiental en un área ligada al sector salud.

La guía ofrecerá un fundamento base para proteger la salud pública de los efectos adversos de la variación de los parámetros mínimos de un medioambiente bioseguro, debido a que pueden ser peligrosos para la salud y el bienestar humano.

La guía brindara un método básico de valoración de calidad en un medioambiente bioseguro, aunque su utilidad no se limite a ello. Las guías no están concebidas como normas<sup>28</sup>.

### **3.2 Métodos de elaboración de formatos y procesos de la guía.**

Método para elaboración del formato de toma de datos:

En la elaboración del método de toma de datos se procedió de la siguiente manera:

- a. Se procede a coleccionar la información vigente y regente a nivel nacional sobre bioseguridad ambiental en áreas ligadas al sector salud, así como información sobre elaboración de documentos de calidad. (Ver referencias bibliográficas y citas de la redacción de la tesis.)
- b. Se revisa la bibliografía coleccionada para decidir cuales tendrán injerencia sobre la guía y cuales sobre su sustento.
- c. Se decide utilizar para la guía de toma de datos como modelos a seguir las recomendaciones de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado sobre parámetros ambientales a medir para certificar un adecuado ambiente de trabajo. Asimismo, se opta por seguir las recomendaciones de la Organización Internacional de Normalización, indicando

---

<sup>28</sup> De promoverse la generación de una regulación a partir de la guía, se deben considerar los niveles prevalentes de exposición y las condiciones ambientales, sociales, económicas y culturales de cada región

que la mejor manera de llegar un documento de calidad es sustentándose en uno relacionado al tema de trabajo.

- d. Para el método de toma de datos se usa como modelos: el documento técnico "Guía Técnica del Evaluador para la Acreditación de Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo" del Ministerio de Salud de Perú, la adaptación que hiciera en el 2002 la Administración Americana de Drogas y Alimentos sobre el cuestionario del Departamento de Salud de Nueva York "Emergencias Biológicas, Químicas y Radiológicas, Planificación de Capacidades" del año 2000, el documento de control de seguridad de la Universidad de Alicante España "Manual de Supervivencia en el Laboratorio" del año 2004 y el manual técnico de la empresa de la empresa Verdadera Innovación en Ciencia - TSI Inc., "Manual de Diseño de Laboratorio de entornos críticos" del 2005.
- e. Para la selección de los equipos usados para medición, se utilizo los manuales por la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado – ASHRAE, ediciones: 2007, cap.7, cap.14 y 2006, cap.12; también se usan las notas del Curso de Ingeniería Clínica (2009-II) e Ingeniería Clínica Avanzada (2010-II) de la Maestría de Ingeniería Biomédica de la Pontificia Universidad Católica del Perú; los requerimientos se adaptan a las necesidades del ambiente en que será usado la guía con lo mínimo indispensable.
- f. Para el registro de datos, se redacta en la guía indicaciones de cómo se procede a adquirir los datos requeridos para cada parámetro medioambiental, asimismo se indica cómo estos datos deben ser llenados en la lista de verificación.
- g. Para revisar la información colectada; se opta por que los datos colectados ubicados en las listas de verificación puedan ser utilizados y puestos en tablas de

hojas de cálculo electrónicas, esta información tiene la opción de ser graficada en un plano cartesiano formando una curva.

La curva puede ser fácilmente comparada con los límites de cada parámetro medioambiental registrado.

Método para elaboración del formato de análisis de datos:

Según lo revisado para poder elaborar un formato de análisis de los datos obtenidos a partir de un listado de verificación o de un cuestionario, se debe optar por adaptar el método científico al sistema de diseño de nuestro proceso<sup>29</sup>. Así es que para el diseño de método de análisis de datos se procede de la siguiente manera:

- a. Se parte por preguntar si los datos colectados y brindados en la gráfica están dentro de los rangos o límites de los parámetros requeridos para un adecuado funcionamiento de equipo médico y de acuerdo con las condiciones de bioseguridad ambiental según el ambiente o área en evaluación. Para saber las condiciones ambientales de áreas especializadas se recomienda revisar el manual de Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado.

Las condiciones recomendadas para cualquier área en salud son: (estándar.)

- Temperatura:

$20^{\circ}\text{c} \leftrightarrow 25^{\circ}\text{c}$ .

- Humedad:

$30\% \text{Hr}\% \leftrightarrow 60\% \text{Hr}\%$ .

- Flujo de aire (Presión ambiental):

P. Normal: Flujo Ventilación = Flujo Exclusión

P. Positiva: Flujo Ventilación  $\gg$  Flujo Exclusión

---

<sup>29</sup> Polit, D.F.; Huncler, B.B.; "Investigación científica En Ciencias de la salud" (3ª ed.) Interamericana - Mc Graw-Hill, México, 1991

## P. Negativa: Flujo Ventilación &lt;&lt; Flujo Esclusas

- Sonido límites máximos:

45Db ambiente interno / 65Db ambiente externo.

- Electricidad, en voltaje:

Voltaje Línea – Neutro 110 o 220 VAC – 50/60Hz

Voltaje Neutro – Tierra  $\leq 01$  VAC

- b. Para que la información registrada en los listados sea valedera, se debe comprobar que los equipos utilizados durante la medición cumplen con el Código de Regulaciones Federales de la Administración Americana de Alimentos y Medicamentos (FDA) o similar, sobre directrices de los documentos electrónicos y firmas electrónicas (CFR21 C11), o alguna normativa internacional similar, que certifique que la información registrada es válida.

En el caso de las encuestas el técnico encargado de las mismas verifica que éstas han sido llenadas por el personal de trabajo del área. Los datos o informaciones que se extravíen o pierdan, se registran con la fecha y hora en que fueron tomados, como referencia de conocimiento.

- c. Los datos obtenidos vertidos en las gráficas elaboradas por las hojas de cálculo (las gráficas también pueden ser hechas manualmente en su defecto) se comparan con los rangos o límites del parámetro medido. Si menos del 90% de valores registrados cumple con los rangos o límites máximos de los parámetros, sea el caso medido, se podrá deducir que el parámetro evaluado no cumple con los requerimientos medioambientales solicitados; esto es una opción de referencia en acuerdo aceptada por la Organización Internacional de Normalización ante el manejo de datos de calidad. Las encuestas se usan como referencia del conocimiento en bioseguridad del personal que trabaja en el área,

- y son usadas para toma de decisiones; así se descarta que una probable causa de error sea desconocimiento sobre las necesidades del área, esta posibilidad puede ser verificada con las notas de observación llenadas por el encuestador en un área de observaciones en el documento.
- d. Después de realizada la evaluación de la información colectada, se procede a evaluar y deducir si la causa de error del parámetro es por falla del equipo que controla el parámetro medido; esto es realizado por el servicio técnico correspondiente a la institución, la eventualidad debe ser revisada contra la última hoja de servicio de mantenimiento y el certificado de trabajo hecho; la revisión es realizada bajo las normas de trabajo de la institución donde se realiza la medición. De detectarse fallas en el equipo se puede recomendar que servicio técnico realice un mantenimiento o en su defecto cambio del equipo. Si no se detectara fallas en el equipo se vuelve a realizar un registro del parámetro ambiental por duplicado en dos equipos de medición, para una segunda evaluación y toma de decisiones.
- e. Ante un error se evaluará el parámetro por segunda vez para certificar si existe error en el parámetro medido o fue un evento erróneo aislado, de esta manera se descarta errores que sean influidos por fuentes externas o ajenas a la institución. De no detectarse por segunda vez fallo en el parámetro evaluado, este evento se archiva.

La guía de orientación propuesta, así como el listado de verificación de parámetros medioambientales bioseguros y el sistema de proposición de posibles soluciones, fueron

probadas en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios del Instituto Nacional Materno Perinatal.<sup>30</sup>

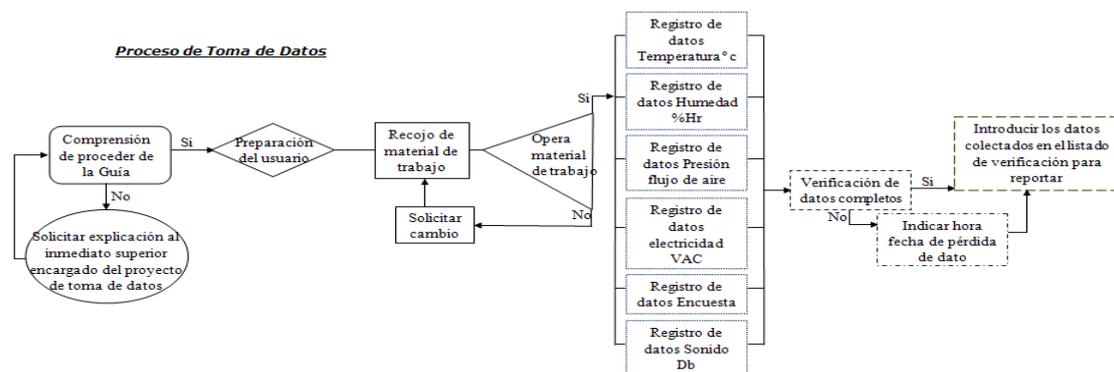
### 3.2.1 Mapa de procesos de la guía.

Los presentes mapas de procesos son representaciones gráficas en las cuales se visualizan los procesos de toma y análisis de datos, así se determina la interrelación entre todos sus componentes. La realización de un mapa de procesos es identificando cada parte del proceso, según lo indican las normas generales de la Norma ISO 9001:2000 apartado 4.1 que establece que una organización debe:

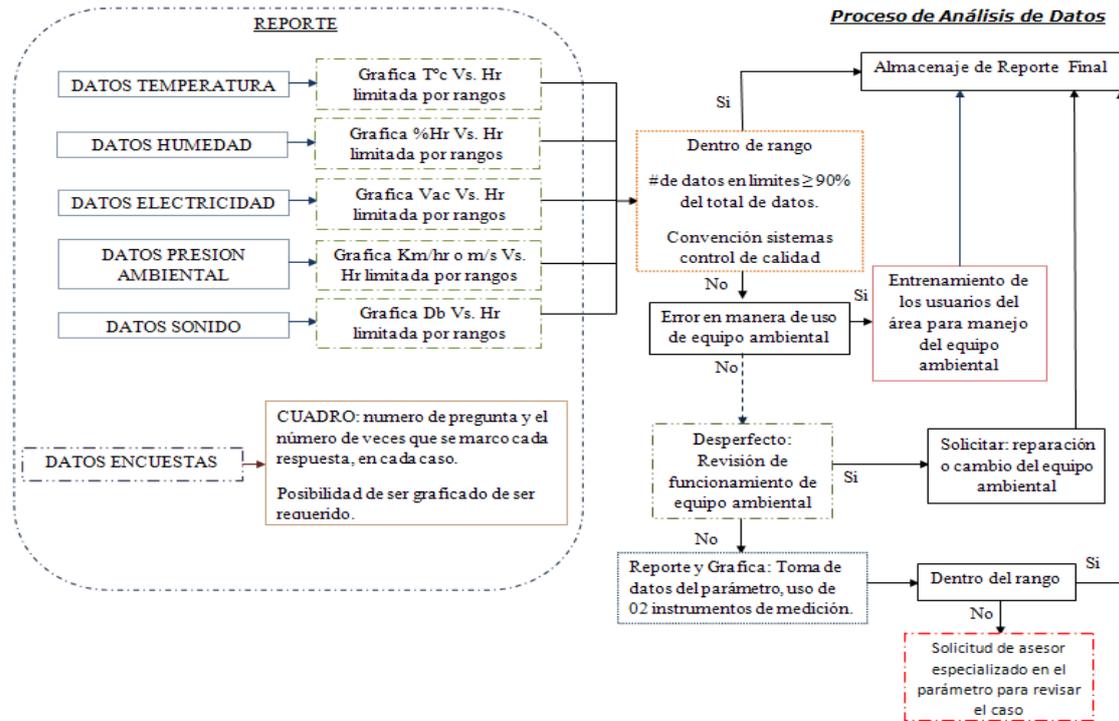
- a) Identificar los procesos necesarios para un sistema de gestión de calidad y su aplicación a través de la organización.
- b) Determinar la secuencia de interacción de estos procesos.

Aunque según la norma ISO 9001 no es un requisito, el mapa de procesos, un sistema de gestión de la calidad y sus relaciones, deben ser fácilmente reconocibles por una representación. Los mapas de procesos se hicieron según modelo de Guías de la Organización Mundial de la Salud, el manual de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado, y la Organización Internacional de Normalización según su norma de calidad mencionada. (Para mayores referencias ver Anexo 5 y referencias bibliográficas.)

Proceso de Toma de Datos: (elaboración propia)



<sup>30</sup> Para el trabajo de diseño se usó de las notas de los Cursos de Ingeniería Clínica (2009-II) e Ingeniería Clínica Avanzada (2010-II) de la Maestría de Ingeniería Biomédica de la Pontificia Universidad Católica del Perú



### 3.3. Guía para análisis situacional: introducción de pautas para la toma de datos.

La presente guía, es una herramienta analítica organizada sistemáticamente, para llevar a cabo una evaluación de la situación de un ambiente en salud dentro del marco de la bioseguridad medioambiental. La guía permite llevar a cabo una valoración de un ambiente ligado al sector salud a través de su sistema de colección de datos. Ésta busca generar información útil para los ambientes ligados al sector salud.

La guía tiene como objetivo valorar los siguientes parámetros: temperatura ambiental, humedad ambiental, presión ambiental en función del flujo del aire, alimentación eléctrica, partículas aéreas, nivel de sonido y conocimientos de bioseguridad del personal de trabajo.

La información colectada de los parámetros señalados es de utilidad como referente de la situación de seguridad biológica en un ambiente de trabajo ligado al sector salud.

#### I. Pautas previas a la toma de datos.

Para conocimiento de los usuarios, a continuación se presentan las pautas para la toma

de datos en ambientes de trabajo ligados al sector salud<sup>31</sup> [17]:

- A. En el ambiente donde se colecte información de los parámetros, únicamente deberá estar personal que pertenece al área y la persona encargada de la toma de datos.
- B. Los turnos de la actividad deben ser coordinados previamente con el encargado del área de ingeniería de la institución ligada al ambiente de salud y el responsable a cargo del área de medición.
- C. Durante el tiempo que se lleve a cabo la medición no será necesaria la presencia de los coordinadores responsables de las áreas involucradas. En estos turnos el responsable del trabajo es el personal técnico que realiza la medición.
- D. Todo usuario técnico tiene la obligación de identificarse ante los responsables de turno del área donde se realice la medición. Se recomienda llevar carta de autorización.
- E. El horario de adquisición de información de los parámetros deberá ser entre las 9:00h y las 21:00h de lunes a viernes. De ser necesario tomar datos en otro horario se deberá coordinar con los responsables antes señalados.
- G. Normas generales de los técnicos usuarios encargados de la toma de muestras:
  - a. Los ambientes ligados al sector salud son zonas críticas, por lo que se debe mantener silencio.
  - b. Está prohibido fumar, comer o beber; durante la toma de datos en las áreas.
  - c. Está prohibido modificar la configuración de los equipos y de los ambientes.
  - d. Está prohibido hacer uso del material del área donde se realiza la medición.
  - e. Cualquier material usado por el técnico que no sea de su propiedad debe ser retornado al área de ingeniería o al área que se lo hubiera suministrado, si algún

---

<sup>31</sup> Organización Mundial de la Salud; Entornos Laborales Saludables; Fundamentos y Modelo de la OMS Contextualización, Prácticas y Literatura de Apoyo; Organización Mundial de la Salud, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza; 2010.

equipo tuviera un desperfecto de origen debe ser inmediatamente comunicado a

los responsables anteriormente mencionados.

- f. El personal técnico de los ambientes en salud podrá monitorear toda actividad realizada por los técnicos que tomen la información de los parámetros ambientales en el área.

H. Cualquier acto en contra del desempeño de las labores del técnico encargado de las mediciones de los parámetros de seguridad biológica o en contra de su integridad, deberá ser reportado de forma inmediata a los responsables antes mencionados y se debe abandonar el área con los implementos de medición, hasta que los responsables antes mencionados indiquen al técnico retornar a su posición.

## II. Equipos y sistemas para tomas de datos.

Lo equipos básicos a usarse para la toma de datos para medición de los parámetros son:

- Temperatura y Humedad:
  - Termohigrómetro digital.
    - Temperatura:  $-40 \leftrightarrow +120^{\circ}\text{C}$ ;  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .
    - Rango de humedad:  $0\% \leftrightarrow 100\% \text{Rh}\%$ ;  $\pm 3\% \text{RH}\%$ .
- Electricidad en función del voltaje:
  - Voltímetro o multímetro digital: Voltaje AC:  $0 \leftrightarrow 1000\text{V}$ ;  $\pm 1.0\%$ .
- Presión ambiental en función de flujo de aire:
  - Anemómetro digital: velocidad aire:  $0 \leftrightarrow 30\text{M/s}$   $\pm 5\%$ .
- Cantidad de partículas
  - Papel filtro cualitativo: características típicas de filtro estándar cualitativo, grado: 1. Descripción: flujo medio, la retención de partículas en un líquido:

11 $\mu$ m (98% de eficiencia), la velocidad de filtración (aprox.) Herzberg: 150, del flujo de aire: 10,5 (S/100ml/in<sup>2</sup>); espesor típico: 180 $\mu$ m, Gramaje: 88g/m<sup>2</sup>.

- Balanza analítica: peso: 120 g.  $\pm$  0,2mg.
- Personal de trabajo:
  - Encuestas (en hojas de papel blanco tamaño A4).
- Sonido
  - Sonómetro: 40  $\leftrightarrow$  130Db(A),  $\pm$  1,5Db.

Se recomienda que los equipos sean capturadores de datos digitales o Datalogger, que por medio de un programa de computación, almacenen la información en tiempo real en una unidad de cómputo portátil. La posición exacta donde se encuentra el área de trabajo deberá ser tomada con un sistema de posicionamiento global (GPS). Este dato no es considerado un parámetro a medir.

### **III. Metodología del proceso de toma de datos.**

Es preciso que el técnico usuario de la guía posea conceptos básicos de física elemental para poder llevar a cabo las mediciones de forma correcta y adecuada.

Previamente se deberá leer la guía completa. Si no se comprendiera algún concepto o no se tuviera claro algún paso o proceder, se deberá consultar con el ingeniero a cargo de la recepción de los reportes finales.

Pasos:

01 – Recoger el material que se proporciona para realizar la labor de toma de datos de los parámetros indicados.

02 – Revisar que el material este completo y en buen funcionamiento; si no lo estuviera solicitar cambio del material y realizar otra verificación.

- 03 – Solicitar el documento de permiso en forma digital o escrita que indique que se pueden realizar las labores de medición de parámetros en el área que se designe.
- 04 – Acordar con el ingeniero a cargo del proyecto de medición y con el responsable del área, las fechas y tiempos de las mediciones, mínimo una semana antes de proceder.
- 05 – Reportar las fechas de las mediciones: con el ingeniero a cargo del proyecto, con el jefe del área y con el encargado de turno del área.
- 06 – Reconocer el área antes de proceder a tomar las mediciones. Revisar las dimensiones, disposiciones de cada sistema de provisión interno, equipos, material, personal y usuarios. Con una revisión preliminar se detectará posibles riesgos para el técnico o para terceros ante la operación del equipo para toma de datos y así minimizar los riesgos innecesarios, ubicando la mejor posición factible para trabajar.
- 07 – Ubicar la posición base de medición, disponer del material de trabajo en una superficie o área que permita manipularlos con libertad sin incomodar o alterar el entorno, que facilite el método de trabajo.
- 08 – Proceder a medir la posición exacta del área donde se realizarán las mediciones con un sistema de posicionamiento global o GPS. Verificar por duplicado la información que emita el GPS y anotarla.
- 09 – Proceder a tomar los datos de la información que emitan los equipos en las hojas adjuntas (anexos). Las hojas pueden ser llenadas con letra imprenta a mano, o pueden ser llenadas posteriormente, con la información digital colectada, si se contara con sistemas de captura de datos electrónicos.
- 10 – Proceder a verificar que toda la información esté completa y guardada al terminar la adquisición de datos. Si faltara información, la cual no se pueda recuperar por ningún medio, debe indicarse esto adjuntando una nota con la fecha, hora y lugar exacto del dato o información desaparecida.

11 – Guardar todo el material utilizado y disponerlo en forma ordenada para transportar.

Debe dejarse el lugar de toma de muestra sin alteraciones, si por fuerza mayor se optó por modificar el entorno natural del área para realizar las mediciones; se colocará todo como fue encontrado inicialmente antes de la llegada del técnico que realiza las medidas.

12 – Reportar la salida del área de trabajo, después de las mediciones, al encargado de turno del área, al jefe del área y al ingeniero a cargo del proyecto de toma de datos.

13 – Entregar el mismo día de la toma de datos el reporte al ingeniero a cargo del proyecto. El reporte es la compilación ordenada de la información colectada en la fecha de la toma de datos. Debe ser entregado en forma física o en su defecto por medio digital, en ambos casos se debe verificar la recepción correcta de la información por el ingeniero a cargo del proyecto.

El técnico usuario de la guía deberá:

- A. Guardar todos los datos recogidos durante las fechas de toma de datos mientras dure el proyecto y no deberá compartir la información con terceros o con personas que no estén involucradas en el proyecto de toma de datos.
- B. Completar los reportes según el anexo.
- C. Consignar nombre del técnico y fecha de la labor.
- D. Remitir el reporte debidamente compaginado a los responsables de las áreas en cuestión y almacenar una copia digital como referente del trabajo realizado.

#### **3.4. Guía para análisis situacional: proceso de medición.**

Se recomienda leer cada uno de los manuales adjuntos a los equipos y materiales a utilizar, antes de empezar a registrar cualquier tipo de información o datos. Si no se contara con los manuales correspondientes, se deben solicitar al ingeniero a cargo del proyecto las guías rápidas de uso de los equipos. El registro de los datos, sea éste digital, automático, manual, o escrito, deberá hacerse como mínimo en una forma

periódica de un dato por minuto transcurrido, para todos los datos a coleccionar excepto para las encuestas.

**I. Sistema de medición y evaluación de temperatura.**

- a. El local en el que se determine que se proceda a realizar las mediciones deberá ser localizado con un sistema de posicionamiento global (GPS) en latitud, longitud y altitud, en metros sobre nivel del mar.
- b. El ambiente a revisar deberá dividirse en 04 cuadrantes, asumiendo que posea una forma rectangular. Estos cuadrantes deberán ser determinados o nombrados por su posición; para que sean fácilmente ubicables. Serán designados según su posición, por los puntos cardinales que les correspondan tomándose desde el centro aproximado del ambiente.
- c. Después de nombrados y designados los 04 cuadrantes se procederá a tomar un registro de temperatura en cada uno de ellos, durante un lapso de 04 horas en tres diferentes días, en distintos momentos del transcurso del día propuesto.
- d. Sí los valores tomados durante ese proceso salen de los rangos designados de temperatura (20-25°C) en más del 10% del número total de mediciones, se procederá a dividir ese cuadrante en sub-cuadrantes de la misma manera como fuera designado en “b”.
- e. Una vez designados los sub-cuadrantes se procederá como en “c”.
- f. Los valores serán colocados en tablas según temperatura y tiempo. Estas tablas deberán tener rotulado el día y ambiente de toma de muestra. Cada cuadrante y cada sub-cuadrante contará con sus tablas.
- g. Los datos de las tablas mencionadas en “f” serán graficados, la temperatura en grados centígrado versus el tiempo en horas (T°C Vs. Hr.). Estas gráficas serán hechas para cuadrantes y sub-cuadrantes.

h. Todos los puntos en los que las mediciones salgan de los rangos designados deberán ser resaltados para su mejor ubicación.

## II. Sistema de medición y evaluación de humedad.

a. El local en el que se determine que se proceda a realizar las mediciones deberá ser localizado con un GPS en latitud, longitud y altitud, en metros sobre nivel del mar.

b. El ambiente que se proceda a revisar deberá dividirse en 04 cuadrantes asumiendo que posea una forma rectangular; estos cuadrantes deberán ser determinados o nombrados por su posición, así dividir los cuadrantes del ambiente, para que sean fácilmente ubicables. Estos serán designados según su posición por los puntos cardinales que les correspondan tomándose desde el centro aproximado del ambiente en el que se realizarán las mediciones.

c. Después de nombrados y designados los 04 cuadrantes se procederá a tomar un registro de humedad en cada uno de ellos durante un lapso de 04 horas en tres diferentes días, en distintos momentos del día.

d. Si los valores tomados durante ese proceso salen de los rangos designados de temperatura (50-75 %Hr) en más ocasiones del 10% del número total de mediciones, se procederá a dividir ese cuadrante en sub-cuadrantes de la misma manera como fuera designado en “b”.

e. Una vez designados los sub-cuadrantes se procederá como en “c”.

f. Los valores serán colocados en tablas según humedad relativa y tiempo, estas deberán tener rotulado el día y ambiente de toma de muestra. Cada cuadrante y cada sub-cuadrante contará con sus tablas.

g. Los datos de las tablas mencionadas en “f” serán graficados en porcentajes de humedad relativa versus tiempo en horas (%Hr Vs. Hr.), estas gráficas serán hechas para cuadrantes y sub-cuadrantes.

h. Todos los puntos en los que las mediciones salgan de los rangos designados deberán ser resaltados para su mejor ubicación.

### **III. Sistema de medición y evaluación de alimentación eléctrica.**

a. El local en el que se determine que se proceda a realizar las mediciones deberá ser localizado con un GPS en latitud, longitud y altitud, en metros sobre nivel del mar.

b. Se deberá identificar las líneas a tierra, las líneas de corriente estabilizada y las líneas de uso común.

c. Se procederá a tomar muestras de la calidad de alimentación de corriente en cada una de ellas.

d. Se identificará el ambiente donde se procederá a realizar la toma, asimismo se designará el cuadrante en la que se ubica la toma de corriente a evaluar.

e. El cuadrante deberá ser determinado o nombrado por su posición por los puntos cardinales que les correspondan tomándose desde el centro aproximado del ambiente en el que se realizarán las mediciones.

f. Se conectará el multímetro a la toma de alimentación de corriente durante 01 hora en cada fase (ab, bc, cb; figura 05 de toma corriente), esta evaluación se realizará durante tres días consecutivos, en tres periodos distintos del día.

g. Se procederá a armar una tabla de voltaje (VAC) versus tiempo (hora) para cada caso mencionado. En la tabla se designará el ambiente en el que se tomó la muestra, así como el día.

h. Para su mejor comprensión se procederá a graficar los valores de las tablas correspondientes a las mediciones en voltajes versus tiempo (VAC Vs. Hr.). Los valores que salieran de los rangos de alimentación de corriente descritos en el acápite “2.3” deberán ser resaltados para su mejor ubicación.

### **IV. Sistema de medición y evaluación de flujos de aire a presión normal, presión negativa y presión positiva.**

- a. El local en el que se determine que se proceda a realizar las mediciones deberá ser localizado con un GPS en latitud, longitud y altitud, en metros sobre nivel del mar.
- b. Deberá determinarse si el ambiente que se proceda a revisar es de presión ambiental normal, positiva o negativa.
- c. De ser presión ambiental normal o de una atmósfera, se deberá ubicar la tomas de entrada de flujo de aire y la toma de salida de aire. De no ser presión ambiental normal se proseguirá en “d”.
- Se deberá dividir la sección tanto de entrada de aire como la de salida de aire en 04 cuadrantes.
  - Se tomarán con un anemómetro las velocidades de salida de aire y de succión en cada cuadrante respectivamente, la toma será 10 veces por cuadrante durante 01 hora.
  - Sí en algún cuadrante la velocidad del aire variara en más de 20% con respecto a las demás mediciones de los otros cuadrantes, este se dividirá en sub-cuadrantes y se procederá como en el paso anterior.
  - Se armarán tablas de velocidad de aire (asumiendo que las secciones de salida y de entrada de aire son de igual área) versus tiempo, tanto para cuadrante como sub-cuadrante. En las tablas se designará el ambiente de toma de muestra y el día.
  - Se graficarán las variaciones de velocidad de aire (km/hr o m/s); versus tiempo (horas), la velocidad de entrada y de salida, deberán ser iguales en este caso, de no ser así se incurrirá en error.
- d. De ser presión negativa se continuará con los puntos abajo señalados, se deberá ubicar la toma de entrada de flujo de aire y la toma de salida de aire. De no ser así se continuara en “e”.

- Se deberá dividir la sección tanto de entrada de aire como la de salida de aire en 04 cuadrantes.
  - Se tomarán con un anemómetro las velocidades de salida del aire y de succión en cada cuadrante respectivamente. La toma será 10 veces por cuadrante durante 01 hora.
  - Sí en algún cuadrante la velocidad del aire variara en más de 20% con respecto a las demás mediciones de los otros cuadrantes, este se dividirá en sub-cuadrantes y se procederá como en el paso anterior.
  - Se armarán tablas de velocidad de aire (asumiendo que las secciones de salida y de entrada de aire son de igual área); versus tiempo, tanto para cuadrante como para sub-cuadrante. En las tablas se designará el ambiente de toma de muestra y el día.
  - Se graficarán las variaciones de velocidad de aire (m/s); versus tiempo (Hr.), la velocidad de entrada deberá ser menor a la velocidad de salida, de no ser así se incurrirá en error.
- e. De ser presión positiva, se deberán ubicar la toma de entrada de flujo de aire y la toma de salida de aire.
- Se deberá dividir la sección tanto de entrada de aire como la de salida de aire en 04 cuadrantes.
  - Se tomarán con un anemómetro las velocidades de salida de aire y de succión en cada cuadrante respectivamente. La toma será 10 veces por cuadrante durante 01 hora.
  - Sí en algún cuadrante la velocidad del aire variara en más de 20% con respecto a las demás mediciones de los otros cuadrantes, este se dividirá en sub-cuadrantes y se procederá como en el paso anterior.

- Se armarán tablas de velocidad de aire (asumiendo que las secciones de salida y de entrada de aire son de igual área); versus tiempo, tanto para cuadrante como sub-cuadrante. En las tablas se designará el ambiente de toma de muestra y el día.
  - Se graficarán las variaciones de velocidad de aire (km/hr o m/s); versus tiempo (horas), la velocidad de entrada deberá ser mayor a la velocidad de salida, de no ser así se incurrirá en error.
- f. Todos los puntos en los que las mediciones salgan de los rangos designados deberán ser resaltados para su mejor ubicación.

#### V. Sistema de medición y evaluación de partículas aéreas.

Aunque no existe una normativa de evaluación del parámetro de partículas en el ambiente para UCIN INT en la bibliografía consultada, se propone un sistema simple de evaluación por diferencia de peso<sup>32</sup>.

Para partículas; deberá tomarse papel de filtro cuantitativo en plancha para realizar el siguiente proceso.



Figura 07. Ejemplo de filtro HEPA (High-Efficiency Particulate Air).

Fuente: United States Department of Energy (DOE)

[<http://www.hss.doe.gov/nuclearsafety/qa/hepa/index.html>], 2012.

<sup>32</sup> “Nueva normativa y nueva técnica de producción de filtros HEPA/ULPA para salas limpias”, British Standard 3928, US Military Standard 282, DIN 24184, ASHRAE Standard 52.1-1992, EN 779, C.E.N. - EN 1822; T. SCHROTH, S. DE MULLER, INDUSTRIA FARMACEUTICA - ENERO/FEBRERO 1999

El proceso descrito deberá ser realizado periódicamente para un adecuado registro, debiendo ser hecho al inicio del cambio del filtro HEPA (ver figura 07) en el sistema de ventilación del área.

- a. Se recortará un cuadro de forma y dimensiones del área de la toma de alimentación de aire fresco de la zona de medición.
- b. Se creará un marco con cinta adhesiva para colocar el papel en forma fija en la salida de aire al interior del área.
- c. Se pesará en una balanza analítica por triplicado el peso del papel a usar en la medición. Se usará el promedio de los pesos como referencia.
- d. Se procederá a colocar el papel en el marco de la salida del aire al área por un período de 30 min.
- e. Se retirará el papel del marco y se llevará a pesar por triplicado en la balanza analítica, tomándose como referencia el promedio.
- f. Se repetirá el proceso indicado por un lapso mínimo de 4 horas, se registrarán los incrementos de peso; versus tiempo y se generará una base de datos de peso comparativa.

Por lo expuesto líneas arriba se puede llevar un registro de la vida útil y la eficiencia de los filtros en el sistema de ventilación de un área en salud en cualquiera de sus modalidades.

## **VI. Sistema de evaluación del personal de trabajo.**

Las encuestas son herramientas diseñadas para evaluar el estado del equipo humano de trabajo, así como los bienes con los cuales estos desempeñan sus labores.

En el presente trabajo se entregan dos encuestas las cuales se pueden encontrar en el anexo.

Las encuestas deberán ser trabajadas de la siguiente manera:

La encuesta rotulada como número uno (01) deberá ser entregada al personal de trabajo en general (personal de limpieza, personal de seguridad, asistentes, tecnólogos, personal de mantenimiento, etc.) dentro de la institución. Esta encuesta no tendrá límite de tiempo o condiciones de llenado, el criterio de llenado es libre (solicitar al participante sus observaciones al finalizar). El llenado también servirá como criterio de evaluación (el evaluador podrá tomar notas, si lo cree adecuado, en la parte posterior o al pie de la encuesta).

La encuesta rotulada como número dos (02) deberán ser entregada únicamente al personal especialista y de labores administrativas. Esta encuesta no tendrá límite de tiempo o condiciones de llenado, el criterio de llenado es libre (solicitar al participante sus observaciones al finalizar). El llenado también servirá como criterio de evaluación (el evaluador podrá tomar notas, si lo cree adecuado, en la parte posterior o al pie de la encuesta).

Las encuestas deberán ser entregadas al personal al ingresar a sus labores. Se solicitará un llenado en forma clara y precisa (asegurándose de la comprensión de la información transferida). El llenado de la encuesta será personal, no transferible. Se informará que la encuesta no es parte de una evaluación personal, su fin es informativo y deberá ser entregada al evaluador al final las labores (a la salida del día de trabajo).

Modo de evaluación:

01- En la encuesta rotulada con número uno (01), se procederá de la siguiente manera:

En las preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11a, 11b, 12, 13, 14; se anotará el número de respuestas afirmativas “SÍ” marcadas sobre el total (#/15), así se dará un valor nominal a la encuesta que al final será contabilizado, promediado y graficado; de igual manera se procederá para las mismas preguntas en el caso que las respuestas marcadas sean “NO SABE”.

En las Preguntas 11, 13a, 14a y 14b las respuestas deberán ser anotadas para el registro junto con las posibles anotaciones hechas por el evaluador.

02- En la encuesta rotulada con número dos (02), se procederá de la siguiente manera:

En las preguntas 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 11b, 12, 12b(5), 13(3), 14, 15, 15b, 15c, 16, 16b, 16c, 17, 17aii, 17aiii, 17aiv(12), 17av, 18, 19, 20, 21, 21b, 22, 23(6), 24, 25c, 25d, 26(6), 27, 27a, 29, 30c, 31, 32, 33, 34a, 34b, 34c, 34d, 34di, 34dii, 34diii, 34div, 34dv, 34e, 34f, 34g, 34h, 34i, 34j, 34k, 34l, 35, 35e(5), 36, 38a, 38b, 39, 42, 46 se anotará el número de respuestas afirmativas “SÍ” marcadas sobre el total (#/97), así se dará un valor nominal a la encuesta que al final será contabilizado, promediado y graficado; de igual manera se procederá para las mismas preguntas en el caso que las respuestas marcadas sean “NO SABE”.

En las Preguntas 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 3, 4, 5, 6, 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 11a, 12a, 15a, 16a, 17ai, 21a, 24a, 24b, 24c, 25, 25a, 25b, 25c(2), 25d(2), 27ai, 27aii, 27aiii, 30, 30a, 30b, 35a, 35b, 35c, 35d, 35e(5), 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46(2) las respuestas deberán ser anotadas para el registro junto con las posibles anotaciones hechas por el evaluador.

Cabe a resaltar que la validez de esta propuesta está sujeta al criterio de la institución que la pueda emplear. La encuesta es mejorable y adaptable a cada entidad según el tipo de trabajo que realice. Asimismo esta propuesta debe ser evaluada en su rendimiento como herramienta de medición, según las mejoras a optar para cada institución que pueda usarla o adaptarla.

## **VII. Sistema de medición y evaluación de sonido.**

- a. El local en el que se determine que se proceda a realizar las mediciones deberá ser localizado con un GPS en latitud, longitud y altitud, en metros sobre nivel del mar.
- b. El ambiente a revisar deberá dividirse en 04 cuadrantes, asumiendo que posea una forma rectangular. Estos cuadrantes deberán ser determinados o nombrados por su

posición; para que sean fácilmente ubicables. Los cuadrantes serán designados según su posición, por los puntos cardinales que les correspondan tomándose desde el centro aproximado del ambiente.

- c. Después de nombrados y designados los 04 cuadrantes se procederá a tomar un registro del sonido en cada uno de ellos, durante un lapso de 04 horas en tres diferentes días, en distintos momentos del transcurso del día propuesto.
- d. Sí los valores tomados durante ese proceso salen del límite máximo designado de sonido (estándar: 45Db ambiente cerrado, 65Db ambiente abierto), en más del 10% del número total de mediciones, se procederá a dividir ese cuadrante en sub-cuadrantes de la misma manera como fuera designado en “b”.
- e. Una vez designados los sub-cuadrantes se procederá como en “c”.
- f. Los valores serán colocados en tablas según los decibelios y el tiempo. Estas tablas deberán tener rotulado el día y ambiente de toma de muestra. Cada cuadrante y cada sub-cuadrante contará con sus tablas.
- g. Los datos de las tablas mencionadas en “f” serán graficados, como decibelios versus el tiempo en horas (Db vs. Hr), estas gráficas serán hechas para cuadrantes y sub-cuadrantes.
- h. Todos los puntos en los que las mediciones salgan de los rangos designados deberán ser resaltados para su mejor ubicación.

### **3.5. Guía para análisis situacional: proceso de registro de datos.**

Para capturar la información se usan equipos, pero esta información debe ser presentada y ordenada en tablas, para ejecutar esa labor se deberá leer los siguientes acuerdos:

1. Todos los datos capturados durante la duración del proyecto deben tener unidades de acuerdo al sistema internacional de unidades.

2. La captura de datos por los equipos será realizada de forma periódica, pre establecida por el operador, el tiempo que se use para tomar información entre un dato y otro siempre será el mismo.
3. Las tablas en donde se coloquen los datos deben tener el siguiente criterio: en la primera columna el número de muestra; en la segunda columna, el momento en el que se tomó el dato; en la tercera columna, el dato adquirido del parámetro medido. El primer cuadro de la primera fila de cada tabla deberá rotular el número de muestra, en el segundo cuadro de la primera fila se rotulará el tiempo en horas (hora de medición de la muestra) y en el tercer cuadro se rotulará el parámetro a medir y la unidad respectiva optada para el proyecto. Cabe la posibilidad de aumentar una última o cuarta columna de observaciones, según el caso lo requiera y esta debe indicar en la primera fila “Observaciones”.
4. En el caso de medir el conocimiento de los trabajadores del área con las encuestas, se generará un cuadro en el cual se indique el número de pregunta y el porcentaje de marcado de cada opción de respuesta. Este cuadro servirá de soporte para el ingeniero a cargo del proyecto en la toma de decisiones y podrá ser graficado.

### **3.6. Guía para análisis situacional: reporte de datos.**

El reporte que emita cada técnico usuario de la guía para el proyecto de adquisición e información de parámetros de medición de la bioseguridad de un ambiente ligado al sector salud, deberá ser entregado al ingeniero y jefe del proyecto.

El reporte podrá ser entregado de manera física o digital, la recepción del reporte deberá ser confirmada.

Sobre los gráficos que se adjunten al reporte se deberá seguir el siguiente criterio:

1. Los gráficos serán realizados en cuadros independientes por cada tabla que sea generada. La gráfica será representada en un plano cartesiano utilizando únicamente el primer cuadrante superior derecho.
2. En el eje de las abscisas o eje X que es el eje horizontal de la gráfica, siempre estará consignado el tiempo en las unidades para realizar el trabajo. El eje debe indicar su nombre y las unidades.
3. En el eje de las ordenadas o eje Y que es el eje vertical de la gráfica, siempre estará consignado el parámetro a medir en las unidades elegidas para la realización del trabajo, el eje debe indicar el nombre correspondiente y sus respectivas unidades.
4. Cada gráfica debe comprender todos los puntos de la información tomada, unidos formando una línea continua en el plano cartesiano.
5. Se debe hallar y mostrar la correspondiente curva polinómica en la gráfica generada a partir de los datos capturados del parámetro medido, la ecuación de la curva debe estar colocada en la gráfica en un área de fácil observación donde no obstruya otra información. La variación de medición debe ser indicado junto a la ecuación polinómica encontrada, las variaciones están por defecto en los manuales y guías rápidas de los equipos utilizados. Se deberá cambiar la variación en porcentaje a decimales para poder ser incluido en la ecuación y ajustar a la escala del rango de medición del parámetro medido.

### **3.7. Diseño de sistema de soluciones a problemas de seguridad biológica para los parámetros registrados [5].**

Se deberá realizar un análisis de las bases de datos obtenidos en cada caso aplicando el paso anterior, sobre los siguientes puntos:

- Sistema de evaluación de temperatura.
- Sistema de evaluación de humedad.
- Sistema de evaluación de alimentación eléctrica.
- Sistema de evaluación de flujos de aire en presión constante, negativa y positiva.
- Sistema de evaluación de estado de equipo de trabajo.
- Sistema de evaluación de sonido.

En la gráficas que se generen se deberá acotar los puntos en los que las mediciones salgan de los límites establecidos, seguidamente se deberá crear un reporte indicando el lugar, día, hora, tipo de medición hecha, equipo utilizado y operador.

### **3.7.1. Evaluación de parámetros y análisis de la información.**

#### **Temperatura:**

Si la información colectada está en el rango o límites, el reporte será archivado. De salirse de los rangos establecidos según fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera:

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.
2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Se procederá a realizar una segunda toma de muestras específicas al rango de temperatura; con 02 instrumentos, durante 01 día de labores. En el caso particular del UCIN INT INMP la temperatura está entre 23°C y 37°C.
4. Se revisará la data colectada de ambos equipos usados para cotejar las salidas de rango.
5. Se generará reporte de las capturas generadas, de encontrarse persistencia en error de rango de temperatura se comunicará con el área de soporte técnico o mantenimiento.

6. Se revisará el método y modo de empleo de los sistemas de calefacción y ventilación en el área de reporte de error en rango. De encontrarse mal uso de esto se llevará a cabo entrenamiento de usuarios, si el error persiste se pasará al paso siguiente.
7. Se realizará una revisión conjunta del área de ingeniería con el área de soporte técnico de todas las etapas del sistema de calefacción y ventilación.
8. De encontrarse desperfecto técnico se solicitará formalmente el cambio o reparación y este evento será registrado.
9. De no encontrarse error en el sistema de calefacción y ventilación se procederá a revisar por segunda vez los rangos de temperatura con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
10. Se generará un reporte de las capturas de los instrumentos. De persistir el error se elevará el reporte a los comités superiores para solicitar la asesoría de un especialista externo en el área de desempeño del problema registrado.

**Humedad:**

Si la información colectada está dentro rango o límites establecidos, el reporte será archivado. De salirse de los rangos establecidos según fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera.

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.
2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Se procederá a realizar una segunda toma de muestras específicas al rango de temperatura; con 02 instrumentos, durante 01 día de labores. En el caso particular del UCIN INT INMP es entre 50% y 75% de humedad relativa.

4. Se revisará la data colectada de ambos equipos usados para cotejar las salidas de rango.
5. Se generará un reporte de las capturas generadas. De encontrarse persistencia en el error de rango de humedad se comunicará con el área de soporte técnico o mantenimiento.
6. Se revisará la forma de empleo de los sistemas de calefacción y aire acondicionado (dentro de los cuales están los deshumidificadores) en el área de reporte de error en rango, de encontrarse mal uso de esto se llevará a cabo entrenamiento de los usuarios dentro del área, Si el error persiste, se seguirá al paso siguiente.
7. Se realizará una revisión conjunta del área de ingeniería con el área de soporte técnico de todas las etapas del sistema de calefacción y ventilación.
8. De encontrarse un desperfecto técnico se solicitará formalmente el cambio o reparación y este evento será registrado.
9. De no encontrarse error en el sistema de calefacción y ventilación se procederá a revisar por segunda vez los rangos de temperatura con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
10. Se generará un reporte de las capturas de los instrumentos. De persistir el error se elevará el reporte a los comités superiores para solicitar la asesoría de un especialista externo en el área de desempeño del problema registrado.

#### **Alimentación Eléctrica:**

Si la información colectada está en el rango o límites, el reporte será archivado. De salirse de los rangos establecidos según fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera.

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.

2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Se procederá a realizar una segunda toma de muestras específicas al rango de Voltaje Línea – Neutro 110/220 vac – 50/60hz, Voltaje Neutro – Tierra  $\leq 01$  vac, con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
4. Se revisará la data colectada de ambos equipos usados para cotejar las salidas de rango.
5. Se generará reporte de las capturas generadas, de encontrarse persistencia en el error de la alimentación eléctrica, se comunicará con el área de soporte técnico o mantenimiento.
6. Se realizará una revisión conjunta del área de ingeniería con el área de soporte técnico de todas las etapas de la red de soporte eléctrico.
7. Al encontrarse el origen de las salidas de rango se generará el reporte respectivo, elevado a las instancias inmediatas superiores y se realizará una acción correctiva del caso. El reporte del hecho será registrado en el área de ingeniería.
8. De no encontrarse error en la red de soporte eléctrico se procederá a revisar por segunda vez el rango con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
9. Se generará un reporte de las capturas de los instrumentos, se elevará el reporte a los comités superiores para solicitar la asesoría de un especialista externo en el área de desempeño del problema registrado.

#### **Flujos de aire, presión:**

Si la información colectada está en el rango o límites, el reporte será archivado. De salirse de los rangos establecidos según fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera.

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.

2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Se procederá a realizar una segunda toma de muestras específicas de velocidad de flujo en ventilas y flujo en esclusas; con 02 instrumentos, durante 01 día de labores. En el caso de presión positiva como en UCIN INT INMP el flujo en ventilas debe ser ligeramente mayor al flujo en esclusas, esto causa que la presión ambiental sea como máximo en 25 pascales mayor a la presión atmosférica (105 Pa +25Pa, variaciones).
4. Se revisará la data colectada de ambos equipos usados para cotejar si se cumple con los parámetros mencionados.
5. Se revisará el método y modo de empleo de los sistemas de calefacción y ventilación (los cuales alimentan con un flujo de aire continuo) en el área de reporte del error en rango, de encontrarse mal uso de esto se llevará a cabo entrenamiento de los usuarios dentro del área, si el error persiste se pasará al paso siguiente.
6. Se realizará una revisión conjunta del área de ingeniería con el área de soporte técnico de todas las etapas del sistema de calefacción y ventilación.
7. De encontrarse desperfecto técnico se solicitara formalmente el cambio o reparación y este evento será registrado.
8. De no encontrarse error en el sistema de calefacción y ventilación se procederá a revisar una segunda vez los rangos de temperatura con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
9. Se generará un reporte de las capturas de los instrumentos. De persistir el error se elevará el reporte a los comités superiores para solicitar la asesoría de un especialista externo en el área de desempeño del problema registrado.

### Estado del Personal de trabajo, encuestas:

En las preguntas que el equipo de trabajo tenga una baja puntuación, según la evaluación, como fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera.

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.
2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Las acciones a tomar serán evaluadas por el área de ingeniería conjuntamente con el área de recursos humanos de la institución. Así determinar el grado de conocimiento que posee el personal de acuerdo con las respuestas otorgadas sobre los parámetros de bioseguridad ambiental.

### Sonido:

Si la información colectada está en el rango o límites, el reporte será archivado. De salirse de los rangos establecidos según fuera detallado con anterioridad se procederá de la siguiente manera.

1. Se avisará del detalle al inmediato superior en la cadena de mando.
2. Se generará reporte para el encargado del área donde se encuentre el detalle bajo observación. El cargo del reporte deberá ser sellado y almacenado en el área de Ingeniería. El reporte deberá ser remitido en digital.
3. Se procederá a realizar una segunda toma de muestras específicas al rango de temperatura; con 02 instrumentos, durante 01 día de labores. En el caso particular del UCIN INT INMP el sonido máximo deberá estar entre 50Db a 55Db, con máximos instantáneos permisibles de 70Db.
4. Se revisará la data colectada de ambos equipos usados para cotejar las salidas de rango.

5. Se generará reporte de las capturas generadas, de encontrarse persistencia en error del límite de sonido se comunicará con el área de soporte técnico o mantenimiento.
6. Se revisará el método y modo de empleo equipos en el área en el área de reporte de error en rango, se revisará como dialoga el personal de trabajo en el área, se revisara como se utiliza los utensilios de trabajo del personal en el área, de encontrarse mal o incorrecto proceder se llevará a cabo entrenamiento de usuarios, si el error persiste en posteriores mediciones, se pasará al paso siguiente.
7. Se realizará una revisión conjunta del área de ingeniería con el área de soporte técnico de todas las los equipos en el área.
8. De encontrarse desperfecto técnico que incremente los niveles de sonido se solicitará formalmente: mantenimiento o cambio, y este evento será registrado.
9. De no encontrarse error en los equipos del área, se procederá a revisar por segunda vez el nivel de sonido con 02 instrumentos, durante 01 día de labores.
10. Se generará un reporte de las capturas de los instrumentos. De persistir el error se elevará el reporte a los comités superiores para solicitar la asesoría de un especialista externo en el área de desempeño del problema registrado.

### **3.7.2. Solución para cumplimiento de normas**

Para poder obtener una continuidad de los valores de los parámetros medioambientales bioseguros de un área en salud y utilizar una cantidad eficiente de energía, se debe zonificar. Zonificando se incrementa la efectividad y eficiencia. La zonificación se debe realizar bajo los siguientes criterios:

- 1) Mejorar los diseños de los ambientes, disminuyendo las exposiciones entre áreas.
- 2) Minimizar la recirculación de cualquier medio físico entre aéreas o zonas.
- 3) Flexibilizar la operatividad en el sistema.

4) Simplificar los sistemas para uso de equipos de soporte de energía si fuera el caso.

5) Conservar la energía en todas sus formas para optimizar gastos.

Esto quiere decir que un análisis para diseño o rediseño de un ambiente medioambientalmente bioseguro deberá apoyarse en:

- Sistema de calentamiento de agua: los servicios en espera o en mantenimiento deberán tener sistemas de respaldo para poder proveer de agua caliente a los demás sistemas de soporte. Capítulo 28 - 2005 ASHRAE Handbook— Fundamentals.

- Enfriamiento mecánico: este tipo de sistema ahorra energía, pero deberá ser llevado a cabo bajo estándar 15-ASHRAE, por las implicancias y consecuencias de una mala ejecución.

- Aislamiento: un buen aislamiento mejorará las condiciones medioambientales, disminuirá el consumo energético, y evitará innecesarios intercambios termodinámicos que comprometan la eficiencia de los diseños. Deberá seguirse el estándar 255 NFPA-90A y estándar E84 ASTM.

- Energía: deberá conservarse de la energía en todas las maneras posibles, esto es prioritario en un sistema de salud, tratando de conservarla o re-utilizarla como medio de transformación. Cualquier alteración en el diseño inicial deberá ser evaluada a profundidad, pues pudiera alterar el equilibrio energético del sistema original. Deberán analizarse los sistemas proveedores y conservadores de energía alternativos.

- Revisión, prueba y ajuste: cualquier cambio en los diseños originales de un centro de salud, deberá ser simulado y probado, brindando información necesaria a los ejecutores de los cambios. La información no deberá ser subestimada, ni deberá ser sobrevalorada, pero en todo caso tomada en cuenta para el mejoramiento de un diseño inicial. Capítulos 37-42 - 2007 ASHRAE.

La información consignada en el capítulo 3, se aplicara sobre el parámetro medioambiental sonido para el cumplimiento de las normas según lo mencionado en el capitulo. Sobre el parámetro medioambiental sonido se ejecutara una solución en el área de pruebas sin alterar las demandas de servicio del área en salud.

Acerca del nivel adecuado de ruido en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios UCIN – INT.: [10, 23]

- Deberá mantenerse cualquier factor que emita sonidos fuera del rango máximo permitido o emita sonidos instantáneos mayores a las máximas permitidas, por debajo de lo indicado.
- El rango válido aceptado de niveles de ruido máximos en centros de salud para Unidades neonatales es de 50 a 55db.
- El valor máximo transitorio para centros de salud en Unidades Neonatales de ocurrencias eventuales aisladas es de 70 db.

Al aplicarse mejoras al parámetro medioambiental bioseguro, sonido [4,5], se puede deducir que habrá una disminución de la mortalidad neonatal de 20↔25 por 1.000 nacidos vivos, alcanzando cifras cercanas a los 5 por cada 1.000 nacidos vivos, debido a que mejorar la calidad de descanso con mayor tiempo de sueño, mejorando el desarrollo del sistema inmunológico y favoreciendo un correcto desarrollo de tejidos. Lo que busca la unidad de UCIN-INT es emular de la mejor manera las condiciones del vientre materno, hasta donde las limitaciones de la tecnología lo permitan; el llegar a estas cifras es importante para el bienestar social, debiéndose organizar el cuidado neonatal de modo que se pueda entregar el mejor tratamiento y de la manera más oportuna. [3, 5, 8, 9, 10, 23]

## Capítulo 4.

Pruebas y resultados de la guía aplicada en el Instituto Nacional Materno Perinatal.



La redacción de los acápites del capítulo cuatro está compuesta en forma correspondiente a los procesos llevados a cabo de acuerdo a los pasos consecutivos indicados en el capítulo tres, cada acápite mostrado es correspondiente a los resultados de los protocolos de trabajo descritos en el capítulo tres.

El trabajo práctico fue realizado en el Instituto Nacional Materno Perinatal, en Lima, Perú; en la Unidad de Cuidados Intensivos Intermedios.

#### **4.1 Revisión y preparación inicial**

Se procedió de la siguiente manera:

##### *I. Coordinación*

- a. Se coordina con los representantes del Instituto Nacional Materno Perinatal y la Pontificia Universidad Católica del Perú, el llevar a cabo una revisión y estudio de situación medioambiental biosegura, de una unidad de servicios de salud.
- b. Se concluye en conjunto con la Unidad de Ingeniería del Instituto Nacional Materno Perinatal y los tutores de la Maestría de Ingeniería Biomédica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que el estudio sería llevado a cabo en la Unidad de Cuidados Intensivos Intermedios.
- c. Se procede a solicitar permisos para realizar mediciones de parámetros medioambientales bioseguros en UCIN-INT a los jefes del área, se coordina para que el trabajo pueda ser realizado de lunes a viernes, de 9 de la mañana a 5 de la tarde, según conveniencia.

##### *II. Equipos*

- Termohigrómetro digital: TEMPerHUM (ULIFE015100), UMPC-VILIV S50
- Voltímetro o multímetro digital: V&A PCLINK VA18B, UMPC-VILIV S50
- Anemómetro digital: LaCrosse Tech. Anemometer EA-3010.
- Sonómetro: HDE SL-814P, UMPC-VILIV S50

Todos los equipos son revisados en su funcionalidad y operatividad antes de llevar a cabo la medición de los parámetros medioambientales bioseguros a registrar.

#### **4.2 Registro de datos de los parámetros medioambientales bioseguros**

Antes de empezar con la toma de datos de parámetros medioambientales bioseguros, se debe reconocer el área de medición, la información es de utilidad para reportar con precisión las dimensiones y locación de la zona de trabajo.

##### **4.2.1 Información descriptiva de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios en el Instituto Nacional Materno Perinatal.**

Se describe el área de toma de datos durante el tiempo que duró el estudio, datos de ubicación, parámetros ambientales y observaciones del área UCIN INT INMP.

###### Posicionamiento Global: (GPS N95 NOKIA)

Con la información otorgada por el GPS, se indica el piso ecológico y el medioambiente externo. La ubicación es en Lima, capital de Perú, ubicado en la costa, con pocas precipitación, alto en humedad medioambiental, ubicada en una zona tropical a 12 grados latitud sur y casi al nivel del mar, clima subtropical, fresco, desértico y húmedo.

Latitud 12,052°S      Longitud – 77,0217°O      Precisión de posición terrestre– 342,61m

Altitud – 223,50 msnm      Precisión de posición Altura – ±13m

###### Unidad de Cuidados Intensivos Intermedios

La figura N°8 a escala da referencia del área de trabajo, posición usual del material, instrumentos y equipos del área, las secciones amarillas son de un metro cuadrado y sirven de orientación para la toma de datos de parámetros medioambientales a registrar.

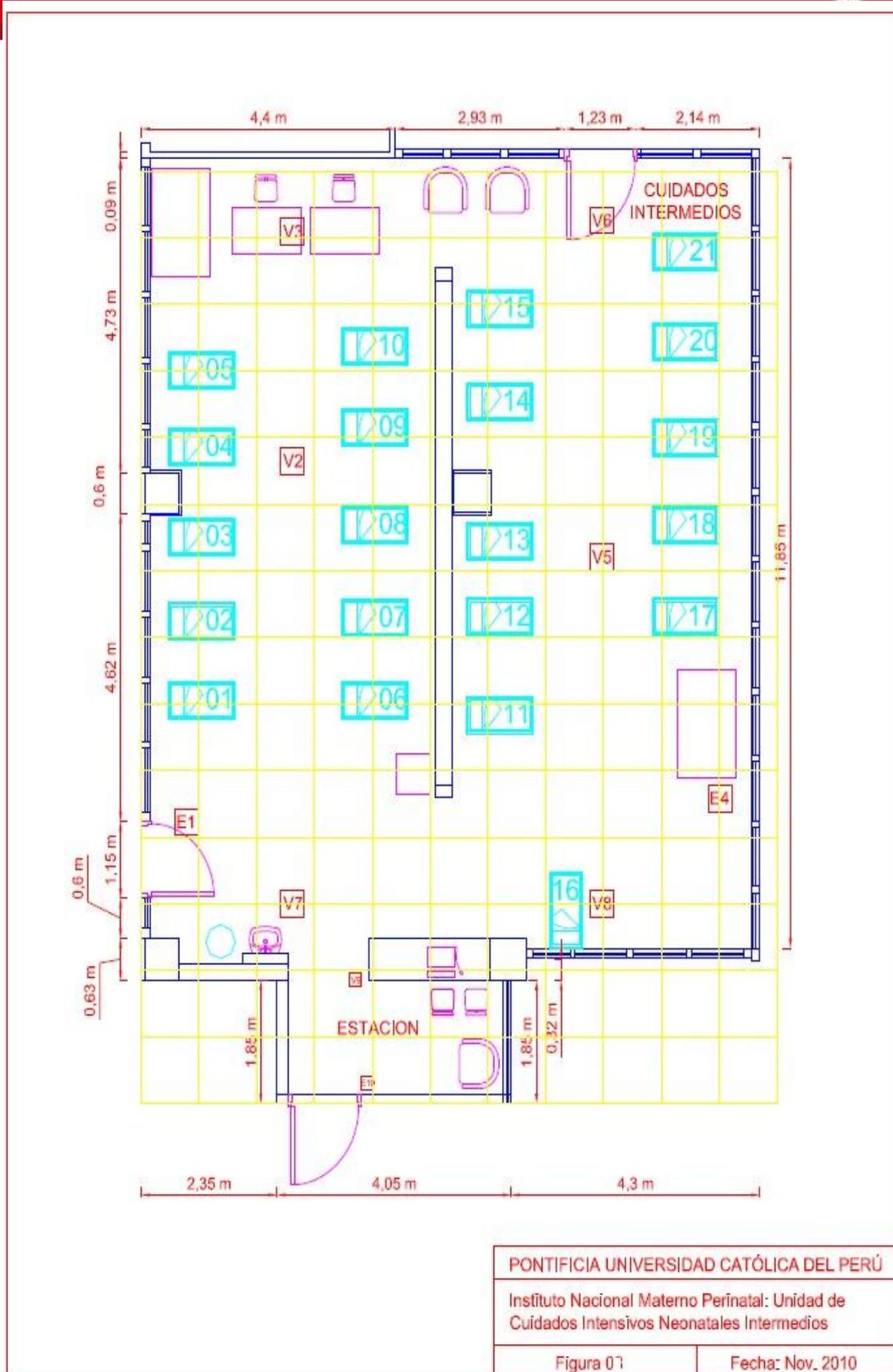


Figura 08. Plano de la toma de datos en el Área de UCIN INT INMP. Fuente:

elaboración propia 2011.

Disposición Usual de las Incubadoras: (ver figura 08)

# Incubadora	Marca	Modelo
01	Airshields Dräger	Isolette 450 QT
02	OHIO	Careplus 3000
03	Airshields Dräger	Isolette 450 QT
04	Atom	V 850
05	Atom	V 850
06	OGB Polytrend	Ginevri Polytrend
07	Airshield Vickers	Isolette C 100
08	OGB Polytrend	Ginevri Polytrend
09	Medix	Medics-Natal Care
10	Atom	V 850
11	Medix	TR 306
12	Atom	V 850
13	Airshields Dräger	Isolette 450 QT
14	OGB Polytrend	Ginevri Polytrend
15	Atom	V 850
16	Fisher & Payl Kel	SN: W931AFV (Calentador Abierto)
17	OGB Polytrend	Ginevri Polytrend
18	Atom	V 850
19	OGB Polytrend	Ginevri Polytrend
20	Airshield Vickers	Isolette C 100
21	Medix	Medics-Natal Care

Tabla 01. Incubadoras Neonatales, elaboración propia, 2011.

Fuente: elaboración propia

Separación entre cada unidad de incubación: (ver figura 08)

Asignación	Incubadoras	Distancia aprox. (cm)
A	01-02	118
B	02-03	127
C	03-04	135
D	04-05	115
E	06-07	123
F	07-08	140
G	08-09	146
H	09-10	122
I	11-12	147
J	12-13	114
K	13-14	209
L	14-15	140
M	17-18	138
N	18-19	131
Ñ	19-20	144
O	20-21	135
P	1-6	300
Q	13-16	114
R	16-17	206

Tabla 02. Distancias entre incubadoras neonatales durante el periodo de trabajo.

Fuente: elaboración propia, 2011.

#### 4.2.2. Información situacional del ambiente clínico en el Instituto Nacional Materno Perinatal.

Las observaciones anotadas a continuación son las más representativas, fueron registradas durante el período de toma de muestras en el área.

- a. Presencia de 16 miembros del personal de la unidad, a la vez en el área, 12 feb. 2011.09:20am
- b. Manchas de humedad en el techo de la unidad; filtración de humedad empezó en noviembre 2010 mojando el techo de la unidad, parte de los paneles en el área del escritorio posterior, parte de la entrada principal y parte de la entrada posterior. Estos sufrieron daños severos y en algunos casos desprendimiento. Se cambia el cableado y algunas planchas del techo. A la fecha de la redacción aún se ve rastros del incidente con la humedad filtrada, 12 feb. 2011.08:56am
- c. Las bandejas móviles o carritos de la unidad en su mayoría tienen las patas y las ruedas oxidadas por humedad, lo que causa de incremento de ruido en el área al desplazarse. Se realiza en la fecha 12 feb. 2011 las recomendaciones del caso y al culminar la redacción los máximos instantáneos de ruido han disminuido.
- d. Cuatro alarmas de monitores de las incubadoras sonaron a la vez al detectar errores. Estaban programadas fuera de los parámetros de rango máximo (55db) de sonido del área, 25 feb. 2011. 10:44am.
- e. Cuatro alarmas de monitores de las incubadoras vuelven a sonar, aumenta la cantidad de personal de turno; el personal no sabe cómo apagar las alarmas (discusión sobre el desconocimiento de uso de los equipos). Un Doctor solicita intervención de personal de servicio técnico, pues manifiesta que hay escape de gas sin determinar dentro del área, 25 feb. 2011. 13:02pm.
- f. Se conoce por los parámetros medioambientales el rango de presión atmosférica de trabajo interno que debería mantener el área; el volumen de ingreso de aire al área es mayor que el volumen de salida (lo que provee de presión positiva no intencional al área), debido a que 02 sistemas de extracción de aire esta inoperativos. Las puertas se

abren constantemente, acción que va contra las cantidades máximas de intercambios

de aire por hora: 06 veces (Ver anexo 03)<sup>33</sup>.

#	Apertura	Cerrado	Puerta	Observación
1	09:35am	09:39am	Delantera	Entrada y salida de personal.
2	09:47am	09:50am	Posterior	Entrada y salida de personal.
3	09:50am	09:51am	Delantera	Entrada y salida de personal.
4	09:54am	----	Delantera	Rayos x
5	10:04am	10:06am	Delantera	Entrada y salida de personal.
6	10:11am	-----	Posterior	Presión positiva cayó rápidamente en puerta posterior cuando la delantera fue abierta al mismo tiempo y cerrada a las 10:13am
7	10:16am	-----	Delantera	Derrame de líquidos de desecho, en UCIN INT 01, liquido no fue limpiado adecuadamente a tiempo. El líquido fue trasladado a toda el área en el calzado de los trabajadores técnicos y doctores del área (aunque todos lo veían y se miraban los calzados no hubo reacción del personal).
8	10:25am	10:27am	-----	Alarma no determinada, de muy alta sonoridad, dolor auditivo, salió de rango y evacuó el área.
9	10:29am	10:30am	Delantera	Entrada y salida de personal.
10	10:33am	10:38am	Posterior	Entrada y salida de personal.
11	10:33am	10:42am	Delantera	Entrada y salida de personal.
12	10:53am	10:55am	Delantera	Entrada y salida de personal.
13	10:42am	10:43am	----	Alarma no determinada, de muy alta sonoridad, dolor auditivo, salió de rango y evacuó el área.
14	10:47am	10:48am	Delantera	Entrada y salida de personal.
15	11:00am	11:18am	Posterior	Entrada y salida de personal.

Tabla 03, Tabla de ocurrencias varias por tiempos de apertura de puertas, elaboración propia, 2011.

#### 4.2.3. Determinación de rangos y límites permisibles de parámetros medioambientales bioseguros para UCIN INT [3, 5, 8, 10, 9, 23]

##### Rangos

##### *Temperatura:*

Esta debe mantenerse entre los 23°C y 37°C en forma ideal para el área; para los equipos biomédicos suele limitarse dentro de 20°C y 25°C; 25°C ideal.

##### *Humedad:*

<sup>33</sup> ASHRAE estándar 52.1; capítulo 24 - 2004 ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment; capítulo 16 - 2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals; ASHRAE estándar 62.1.). Ver tabla adjunta sobre lo descrito, 12 feb. 2011.

Esta debe mantenerse dentro de 50% Hr% y 75% Hr% para el área, ideal 60% Hr, en UCIN INT; pues los equipos suelen trabajar dentro de 30% Hr% y 60% Hr%.

*Ruido:*

El rango de máximos de sonido en centros de salud para unidades neonatales es de 50db a 55db. El valor máximo transitorio, para centros de salud en Unidades neonatales, para ocurrencias eventuales aisladas es de 70 db.

*Partículas:* [4]

La cantidad de partículas deberá ser la mínima posible como se indica en capítulo 3. No se menciona un rango. Se puede tomar como referencia la variación de peso por acumulación de partículas en los filtros de aire de las incubadoras (ver Anexo 05). Como se puede ver en el filtro de la incubadora número dos de la figura (09) en un periodo de dos meses hay una carga importante de partículas.



Figura 09. Filtro de aire incubadora # 02 - UCIN INT del INMP, 2011.

Fuente: elaboración propia.

*Presión de aire ambiental:*

De acuerdo con lo indicado, la presión del área de UCIN INT deberá ser positiva, ligeramente mayor a la presión ambiental. En la bibliografía [3, 5, 9, 24, 27, 41, 45] se indica que la presión positiva de un área se limita a un máximo, que podrá ser mayor hasta en veinticinco pascales (+25pa) a la presión atmosférica normal (105 Pa) para lograr

escape de aire al exterior evitando la entrada de partículas, como se puede ver en la figura (10).



Figura 10. Puerta 01 principal – UCIN INT 01 del INMPN, 2011.

Fuente: elaboración propia

#### RANGOS IDEALES UCIN INT:

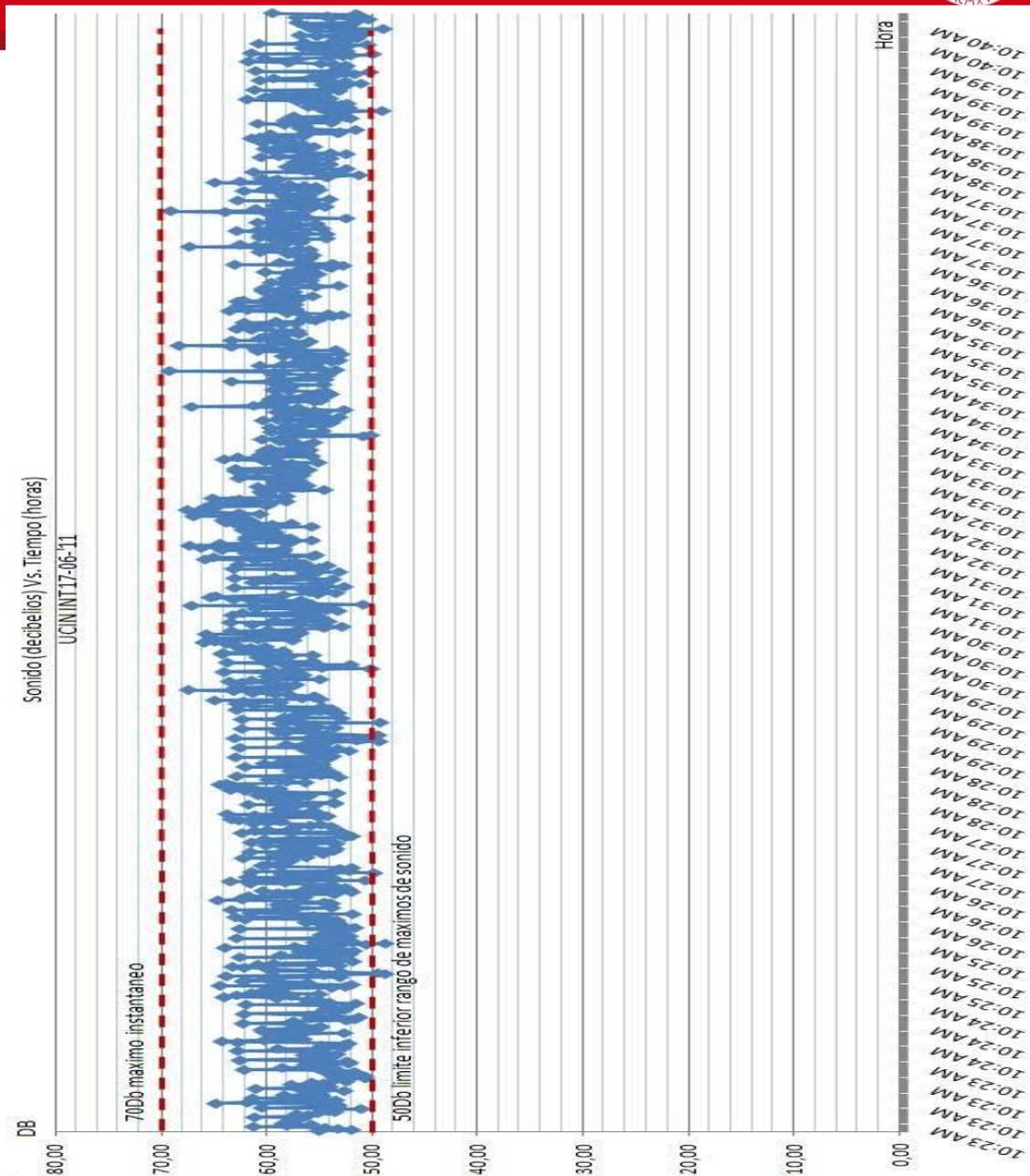
- Temperatura : 23°C → 37°C (UCIN - INT); 25°C ideal.
- Humedad : 50% Hr% → 75% Hr% (UCIN - INT), 60% Hr ideal.
- Flujo de aire (Presión ambiental): Flujo Ventiladores >> Flujo Esclusas
- Sonido rango de máximos : 50db ↔ 55db [máximo transitorio instantáneo 70 Db]
- Alimentación de Poder : Voltaje Línea – Neutro 110/220 VAC – 50/60Hz

Voltaje Neutro – Tierra  $\leq$  01 VAC

#### **4.2.4 Datos de parámetros medioambientales bioseguros en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios.**

Se procede a graficar la información registrada durante el tiempo de evaluación de los parámetros medioambientales bioseguros. Las gráficas son la mejor manera de representar la información a transmitir debido a que la cantidad de datos colectados supera las 300 páginas de información en valores numéricos.



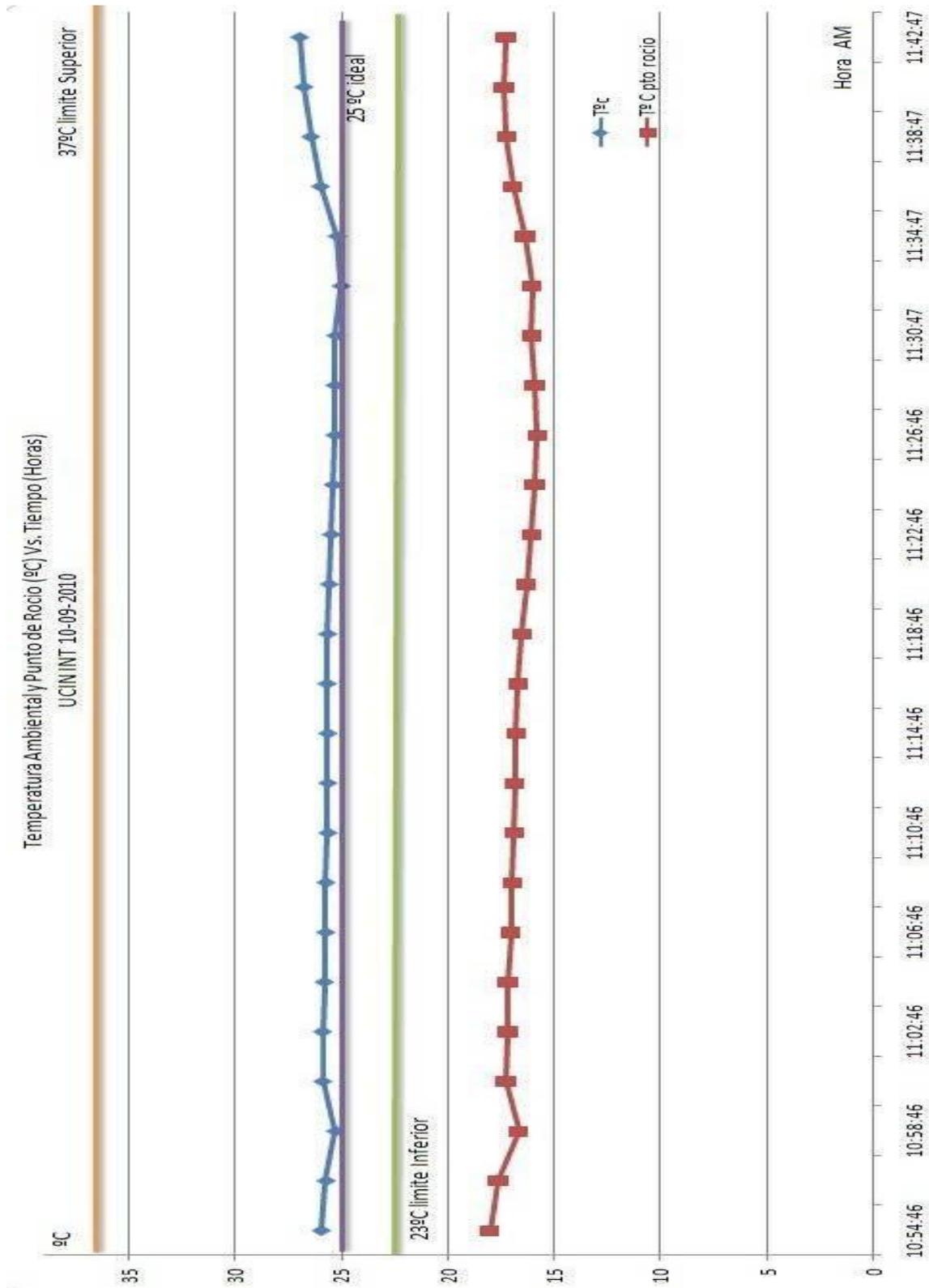


Gráfica 02. Registro de niveles de sonido versus tiempo, registrado el 17-06-2011.

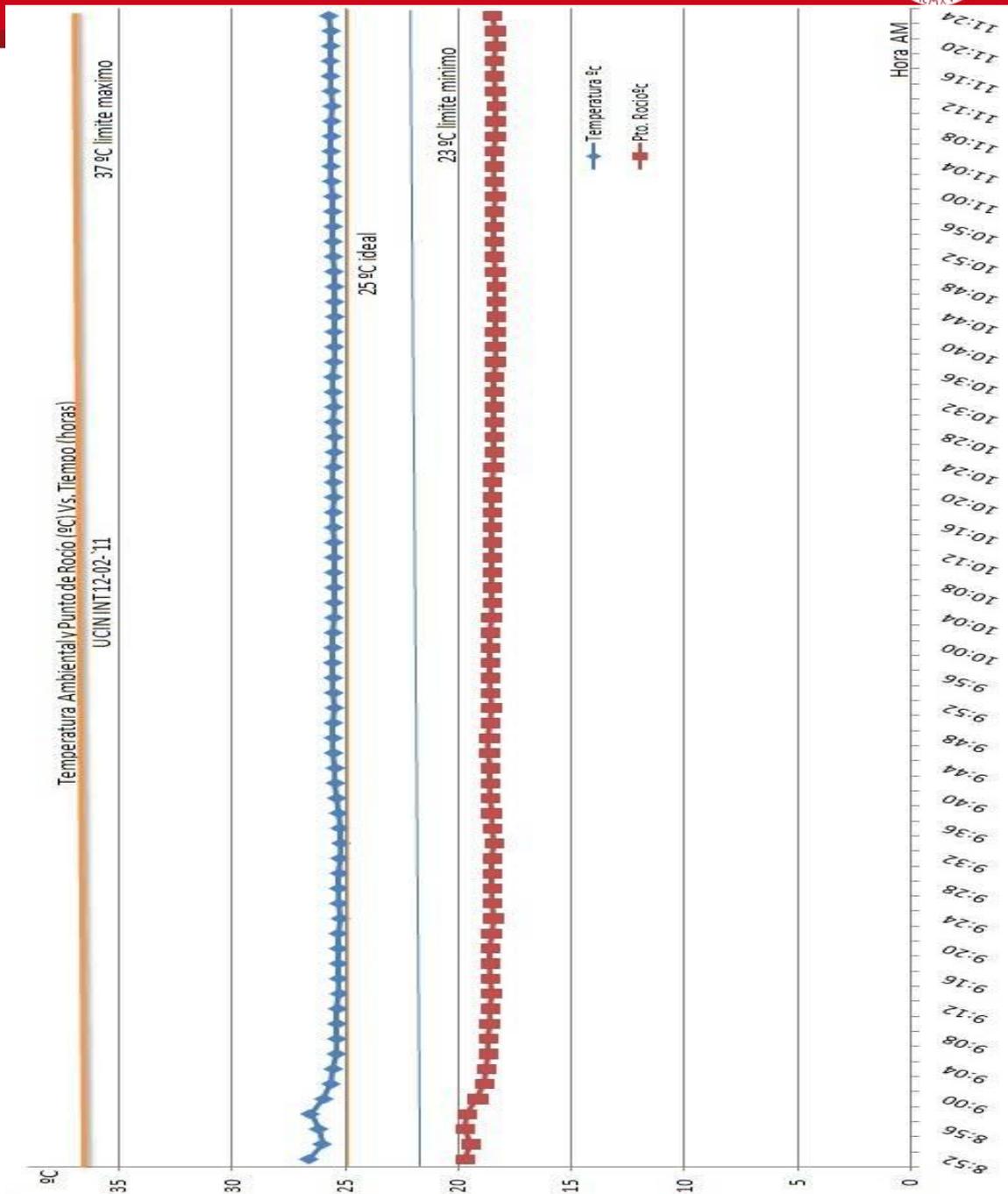
Fuente: elaboración propia.

Se grafica los datos capturados el 17-06-2011, las líneas rojas en las gráficas representan los límites superior de máximos instantáneo e inferior de límite inferior de rango de máximos en cada caso; como se observa en la gráfica el 70,3% de los datos superan el límite superior (55db) del rango máximo de sonido, el 0% de datos superan el máximo instantáneo de sonido (70db) y 0% de datos excede los 80db; 29,7% de los valores de sonido están debajo del límite superior del rango de máximos de sonido.

Gráficas de temperatura y punto de rocío versus tiempo en UCIN INT:



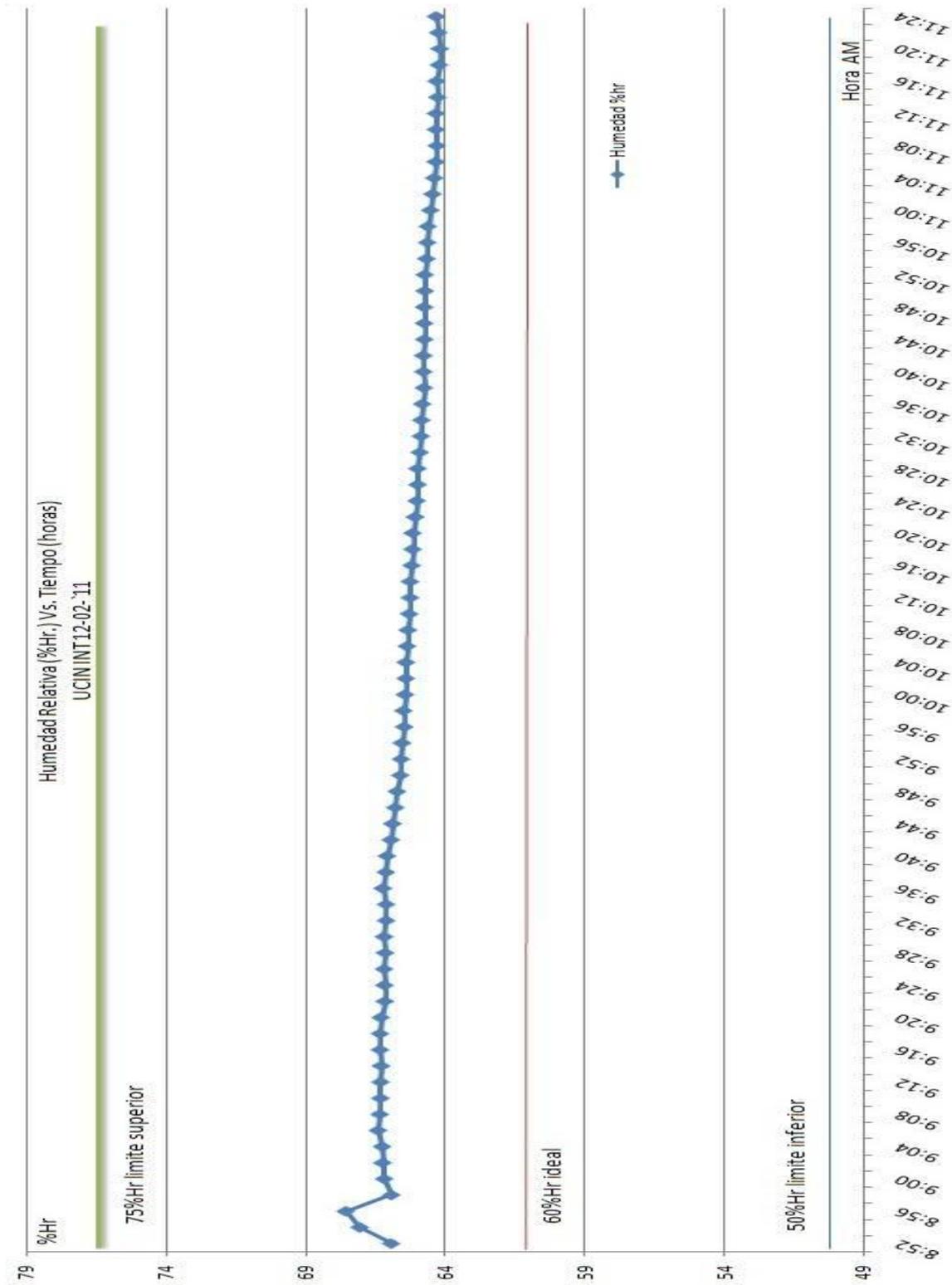
Gráfica 03. Registro de niveles de temperatura ambiental versus tiempo, registrado el 10-19-2010. Fuente: elaboración propia.



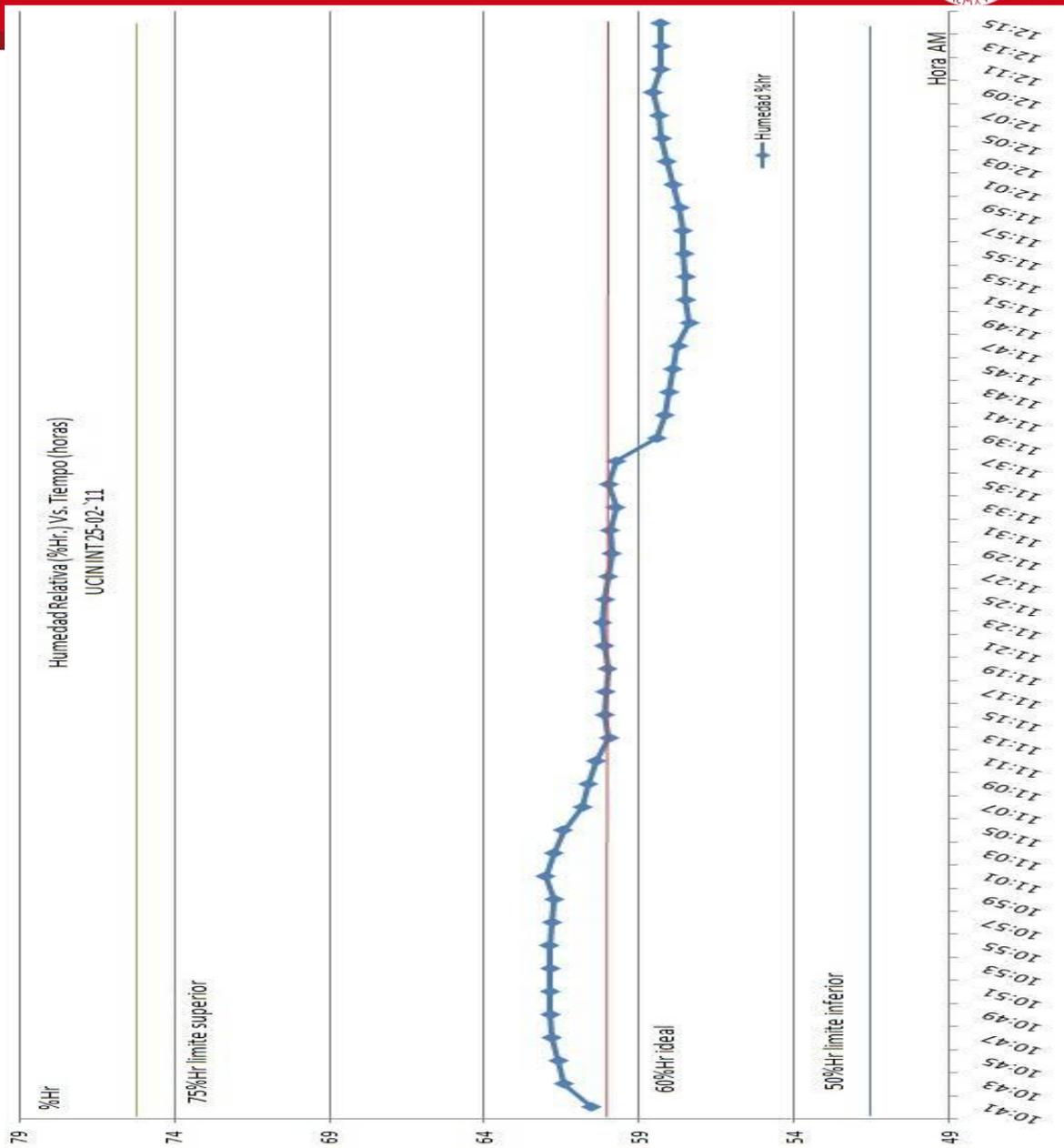
Gráfica 04. Registro de niveles de temperatura ambiental versus tiempo, registrado el 12-02-2011. Fuente: elaboración propia.

La temperatura del medioambiental en el área está dentro de los límites permisibles, cercana a los 25°C, que es la temperatura ambiental ideal para el personal y para los aparatos electrónicos; la temperatura del punto de rocío se encuentra debajo del límite inferior. Material que se encuentre entre 20°C a 15°C sufrirá condensación sobre sus superficies.

Gráficas de Humedad Relativa versus Tiempo en UCIN INT:



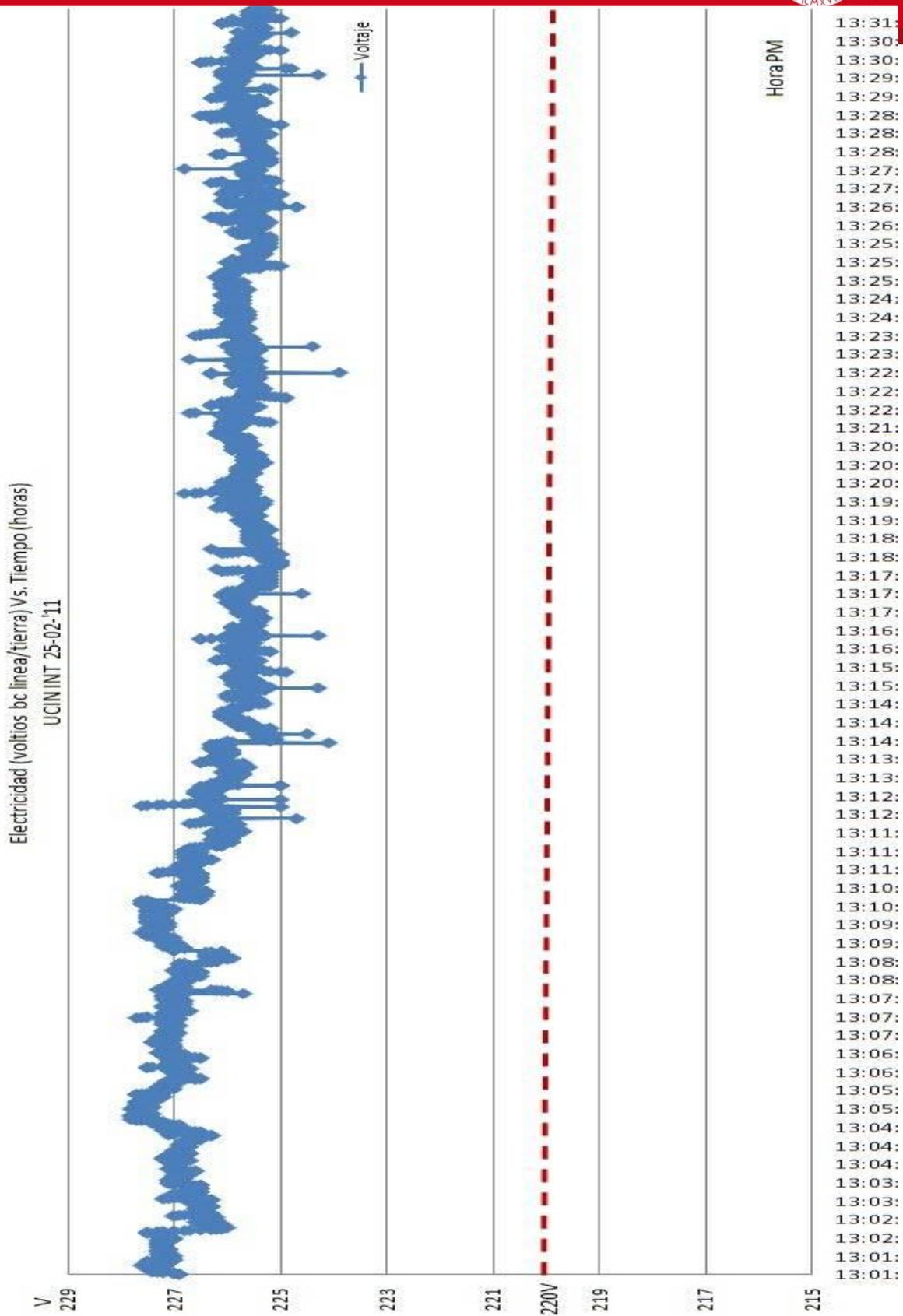
Gráfica 05. Registro de niveles de humedad relativa versus tiempo, registrado el 12-02-2011. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 06. Registro de niveles de humedad relativa versus tiempo, registrado el 22-02-2011. Fuente: elaboración propia.

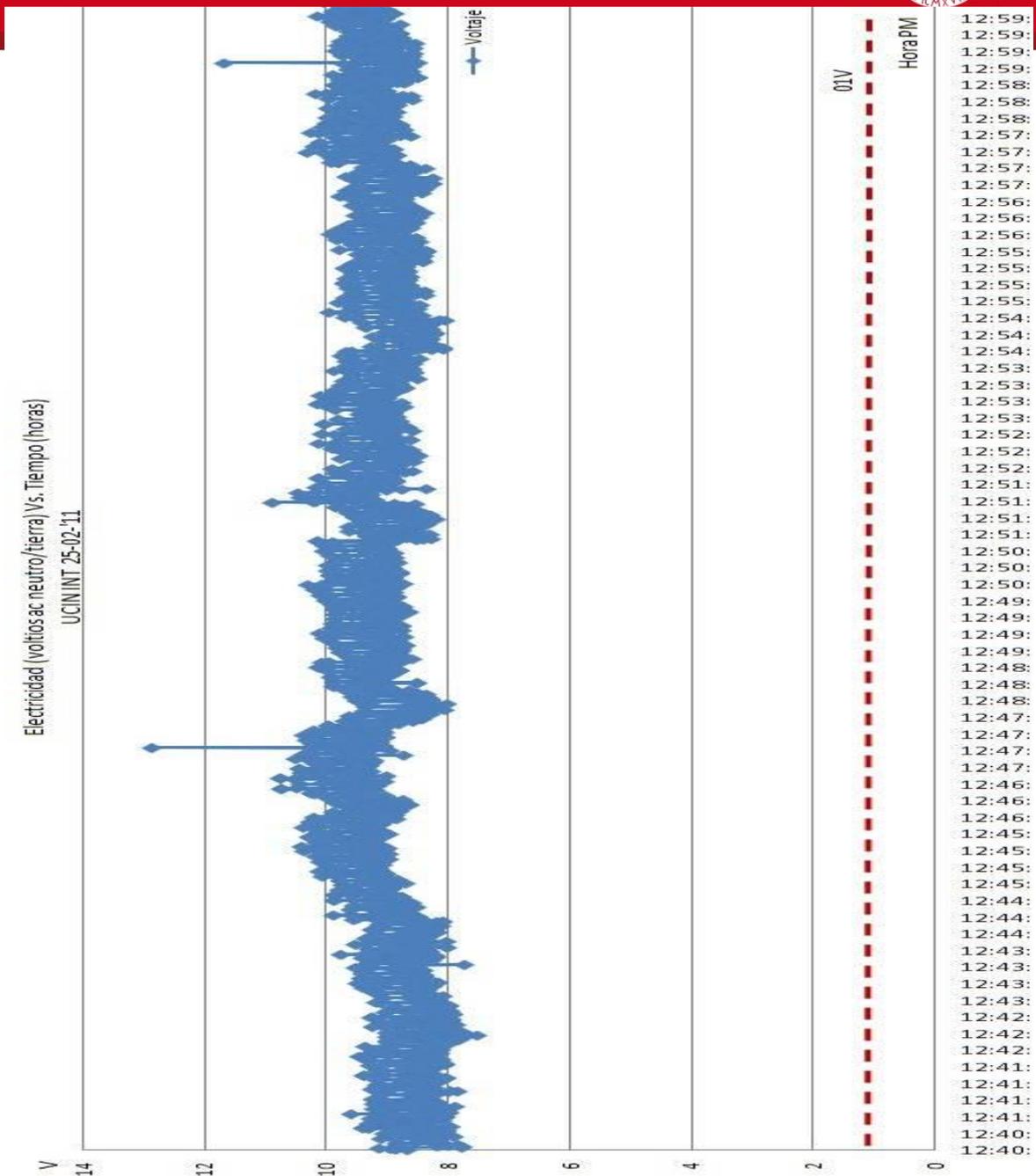
Se observa que la curva de humedad relativa medioambiental es más alta que el porcentaje ideal recomendado 60%, acercando el punto de rocío a la temperatura medioambiental; la alta humedad fuera del área de salud, en horarios en los cuales el sol no emite una alta radiación favorece el incremento de humedad dentro del área, correspondiente a la humedad del piso geológico donde se encuentra el hospital; el área debe mantener la curva de la humedad constante y lineal.





Gráfica 08. Registro de niveles de electricidad versus tiempo, registrado el 25-02-2011,

línea tierra. Fuente: elaboración propia.

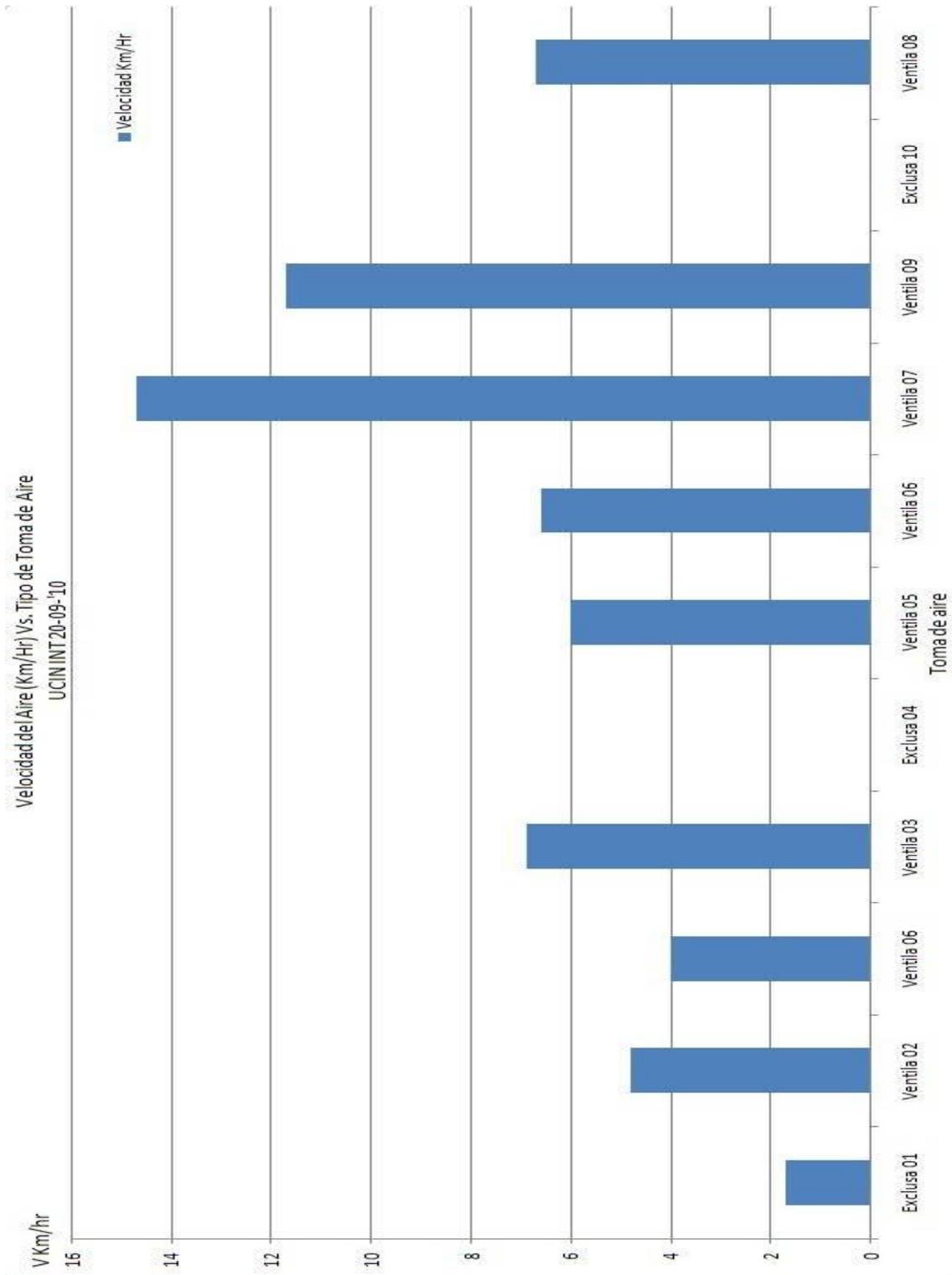


Gráfica 09. Registro de niveles de electricidad versus tiempo, registrado el 25-02-2011, neutro tierra. Fuente: elaboración propia.

De los datos capturados representados en las gráficas, se obtiene en promedio que el voltaje línea neutro es de 217,25v, el voltaje línea tierra es 226,13v; el voltaje neutro tierra es de 9,08v, mayor a 1v pero es estable; los picos o saltos de la grafica 09 se pueden deber a el encendido de equipos de computo y sistemas de audio en el área.

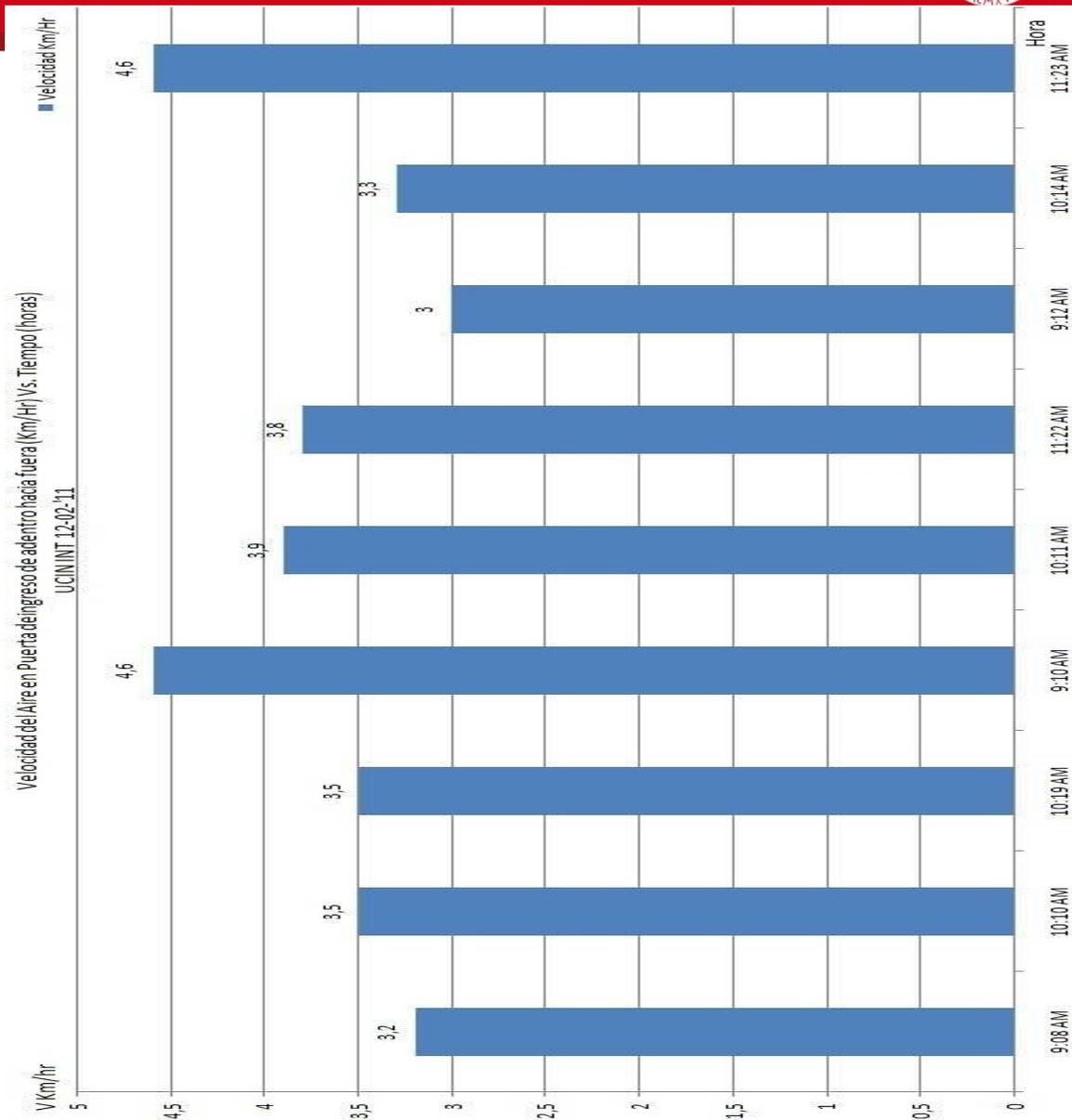
Gráficas velocidades del flujo del aire de esclusas y ventilas en UCIN INT: (obsérvese

las diferentes velocidades entre las ventilas y las esclusas.)



Gráfica 10. Registro de niveles de velocidad del aire versus tiempo, registrado el 20-09-

2010. Fuente: elaboración propia.



Gráfica 11. Registro de niveles de velocidad del aire versus tiempo, registrado el 20-09-2010. Fuente: elaboración propia.

Los valores de velocidad de ingreso de aire por las ventilas no son iguales, los valores de velocidad de salida de aire por las denominadas esclusas de aire no son iguales entre sí. En el área; los valores de las ventilas deben ser iguales y los valores de las esclusas deben ser iguales entre sí, a su vez los valores de velocidad del aire de las ventilas deben ser siempre mayores que los valores de velocidad de las esclusas dentro del área para dar presión positiva. Actualmente en el área hay presión positiva constatada por el escape de aire al exterior del área, en las mediciones con el anemómetro.

Datos de Variaciones de Temperatura y humedad de “La base de Datos de Climas

Mundial”, para Lima - Perú:

Weather Data Base - Weather Forecast [ <a href="http://www.weatherbase.com">http://www.weatherbase.com</a> ]			
Lima, Perú - Elevación: 13 metros - Lima, Perú - Latitud: 12 00S - Longitud: 077 07°			
Día	Máx. promedio	Mín. promedio	Media
12 02 2011	27°C	21°C	24°C
25 02 2011	27°C	21°C	24°C
17 06 2011	21°C	16°C	18°C
05 06 2011	21°C	17°C	19°C
06 03 2011	19°C	15°C	17°C

Cuadro 16. Datos medioambientales por días, Lima, 2011. Fuente: La base de Datos de Climas Mundial.

Temperatura Promedio	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
°C	20	23	23	23	21	20	18	17	17	17	18	20	21
Temperatura promedio más alta	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
°C	22	26	26	26	24	22	20	19	18	19	20	22	24
Temperatura promedio más baja	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
°C	17	20	20	20	18	17	16	15	15	15	16	17	18
Temperatura grabada más alta	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
°C	32	31	32	32	31	30	28	30	26	26	26	27	31
Temperatura promedio más baja	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
°C	8	16	17	16	13	12	11	10	10	10	10	8	10
Precipitación promedio	Datos de: 41 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cm	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Días promedio bajo 29°C	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	8	1	2	3	1	---	---	---	---	---	---	---	---
Días promedio bajo 23°C	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	362	30	27	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Días promedio bajo 18°C	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	242	4	2	4	16	26	27	30	31	30	31	27	14
Días de mayor lluvia por mes	Datos de: 21 años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	8	1	1	1	1	---	1	7	2	6	2	---	---
Número	Datos de:	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.

promedio de días con tormenta (8)	21 años												
	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Número de días promedio con neblina en la mañana	Datos de: 21 años	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
	191	10	11	14	19	24	22	21	20	18	15	9	8
Número de días con humedad relativa alta en las mañanas	Datos de: 20 años	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr.</i>	<i>May</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
	90	89	91	91	92	92	89	89	90	90	89	87	88
Humedad relativa promedio en la mañana %	Datos de: 20 años	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
	73	70	69	70	72	75	76	76	77	76	74	72	70
Punto de rocío promedio °C	Datos de: 20 años	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
	16	18	19	19	17	16	15	13	13	13	14	15	17
Average Wind Speed km/h	Datos de: 20 años	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
	14	16	14	14	14	14	12	12	12	14	14	14	16

Cuadro 17. Datos medioambientales por año, Lima, 2011. Fuente: La base de Datos de

Climas Mundial.

Nota: lo resaltado corresponde a los días de toma de datos, en que hubo mayor cantidad de humedad atmosférica en Lima Perú.

### 4.3. Revisión y análisis de la información capturada de UCIN INT en el INMP

La revisión de la información colectada se realiza según lo indicado en el capítulo 3 para poder analizar la problemática presentada y poder optar en una posibilidad de solución que se pueda ejecutar en un parámetro medioambiental seguro sin afectar la operatividad del área de revisión.

#### 4.3.1 Modelos y curvas propuestas a partir de datos medioambientales bioseguros

Los modelos de comportamiento serán realizados en base a curvas polinómicas de segundo grado, se opta por este tipo de ecuación pues representa mejor el tipo de comportamiento de los registros en los periodos de tiempo donde se realizó la adquisición de los datos de temperatura y de humedad, graficándose versus el tiempo de toma de muestra, esto servirá para extrapolar la información del comportamiento a otros instantes de tiempo. Las curvas generadas y sus respectivas fórmulas, son la

representación del comportamiento del parámetro en cada caso, de esta manera se puede deducir el comportamiento.

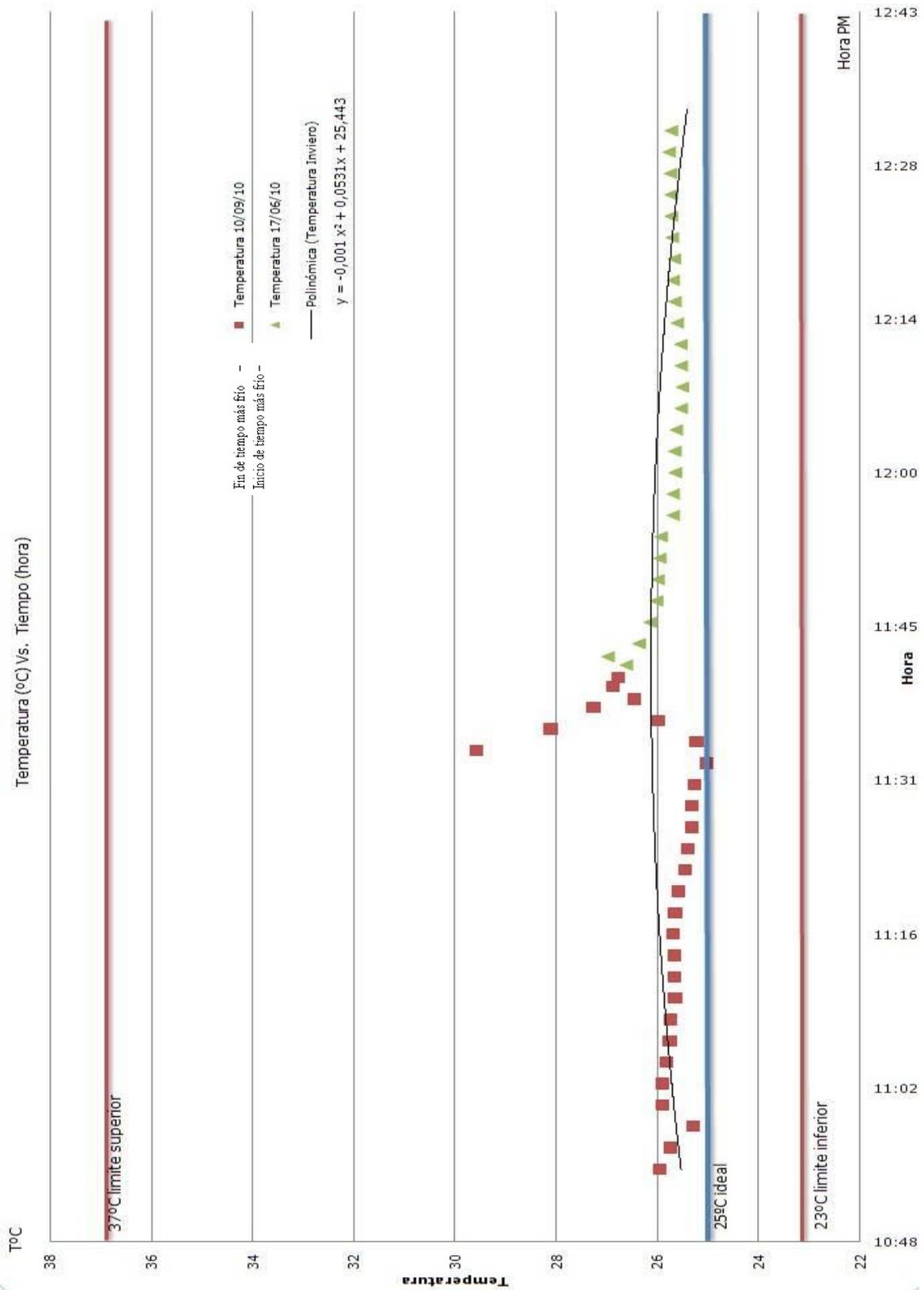
Temperatura Verano: (Gráfico de Temperatura °C vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 12. Registro de niveles de temperatura en verano versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

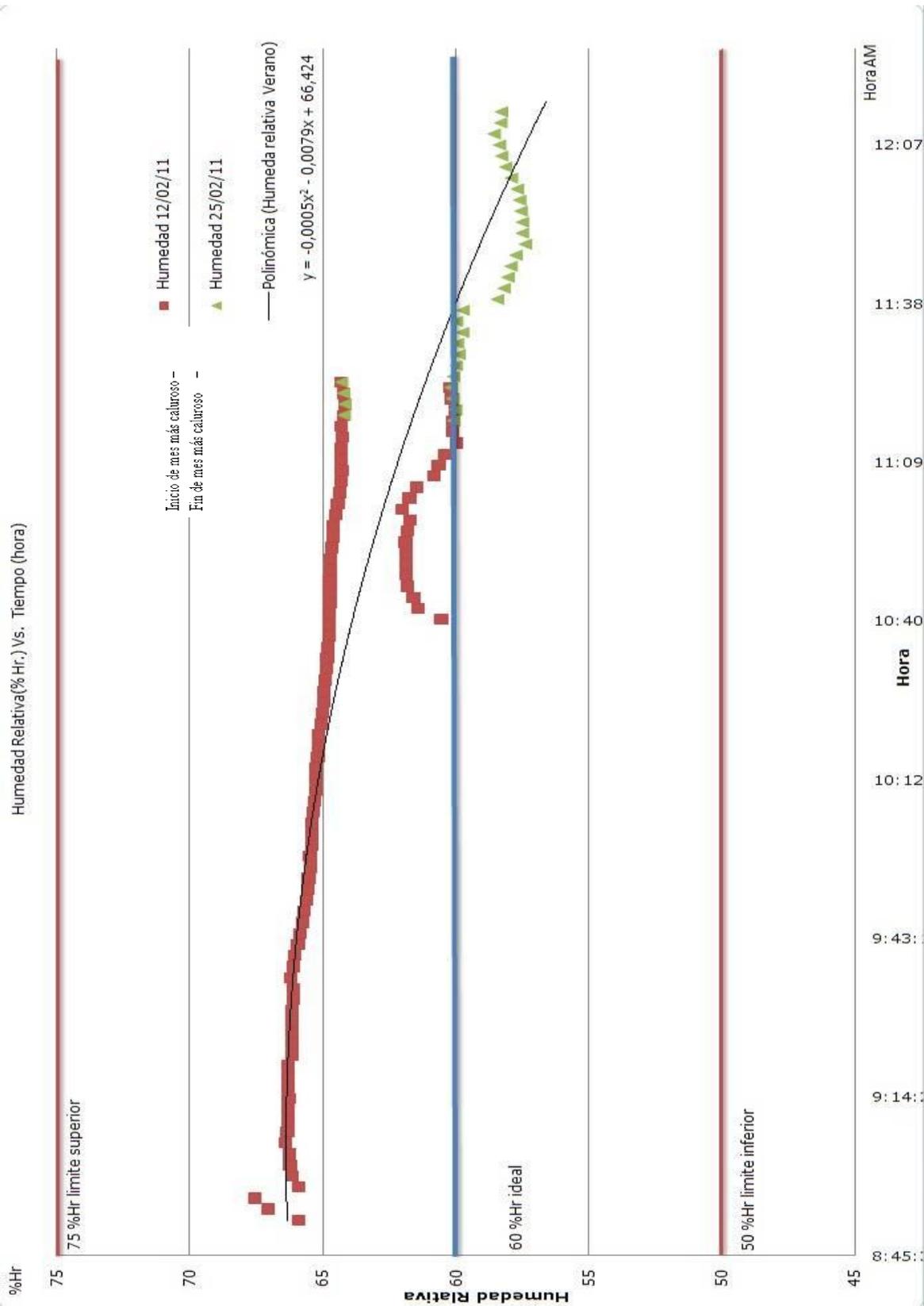
Temperatura Invierno: (Gráfico de Temperatura °C vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 13. Registro de niveles de temperatura en invierno versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

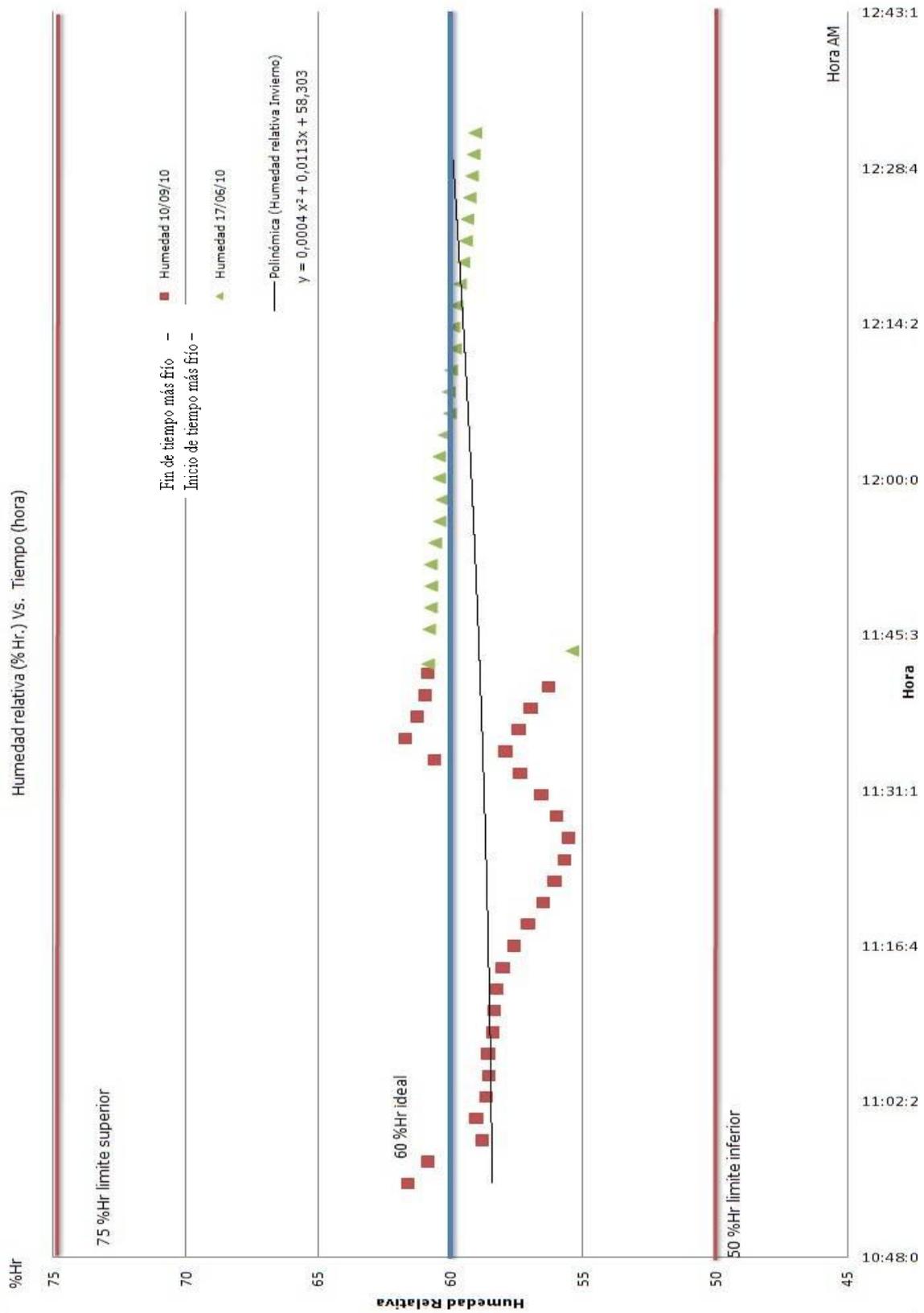
Humedad Verano: (Gráfico de Humedad Relativa %Hr vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 14. Registro de niveles de humedad relativa en verano versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

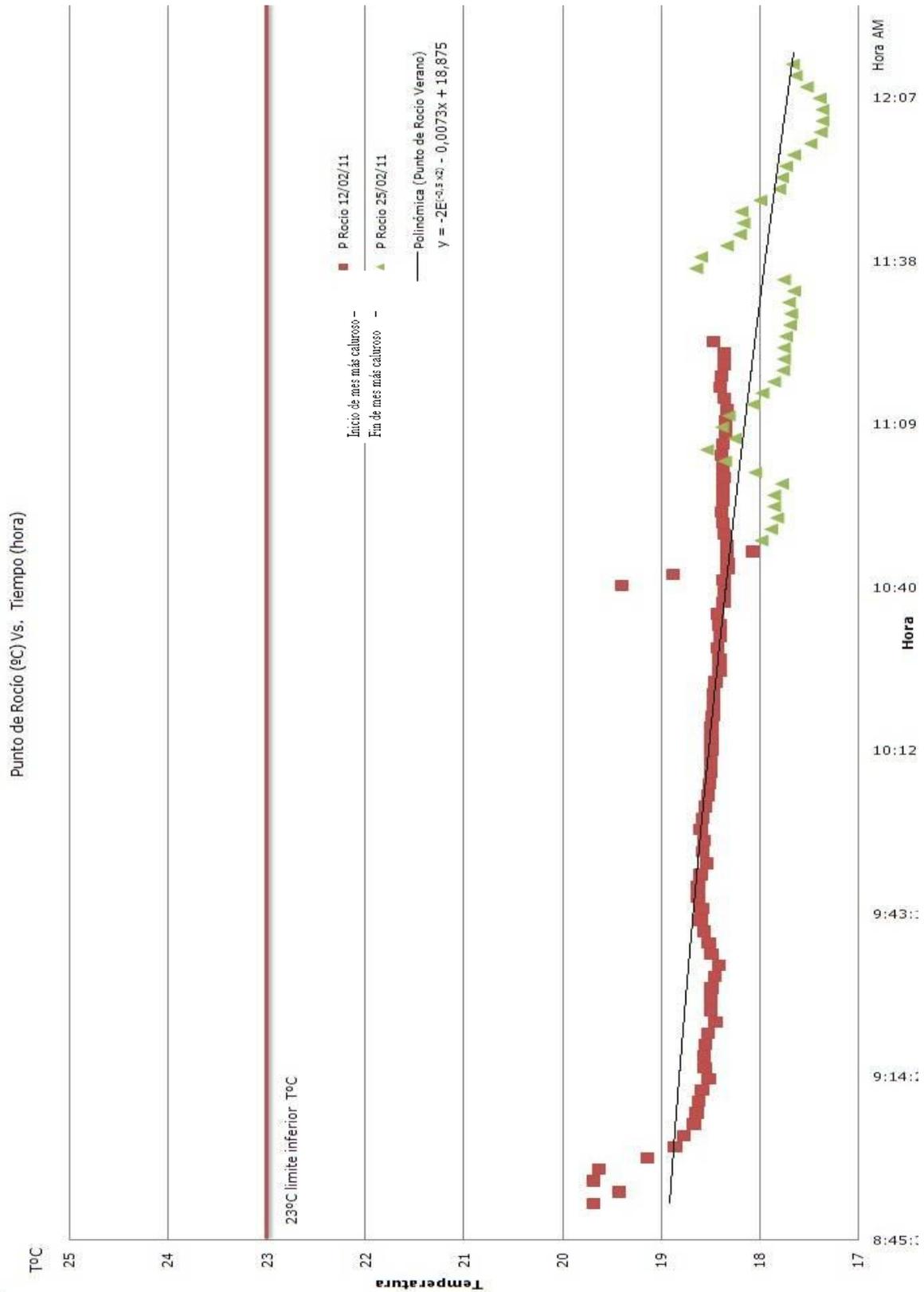
Humedad Invierno: (Gráfico de Humedad Relativa %Hr vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 15. Registro de niveles de humedad relativa en invierno versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

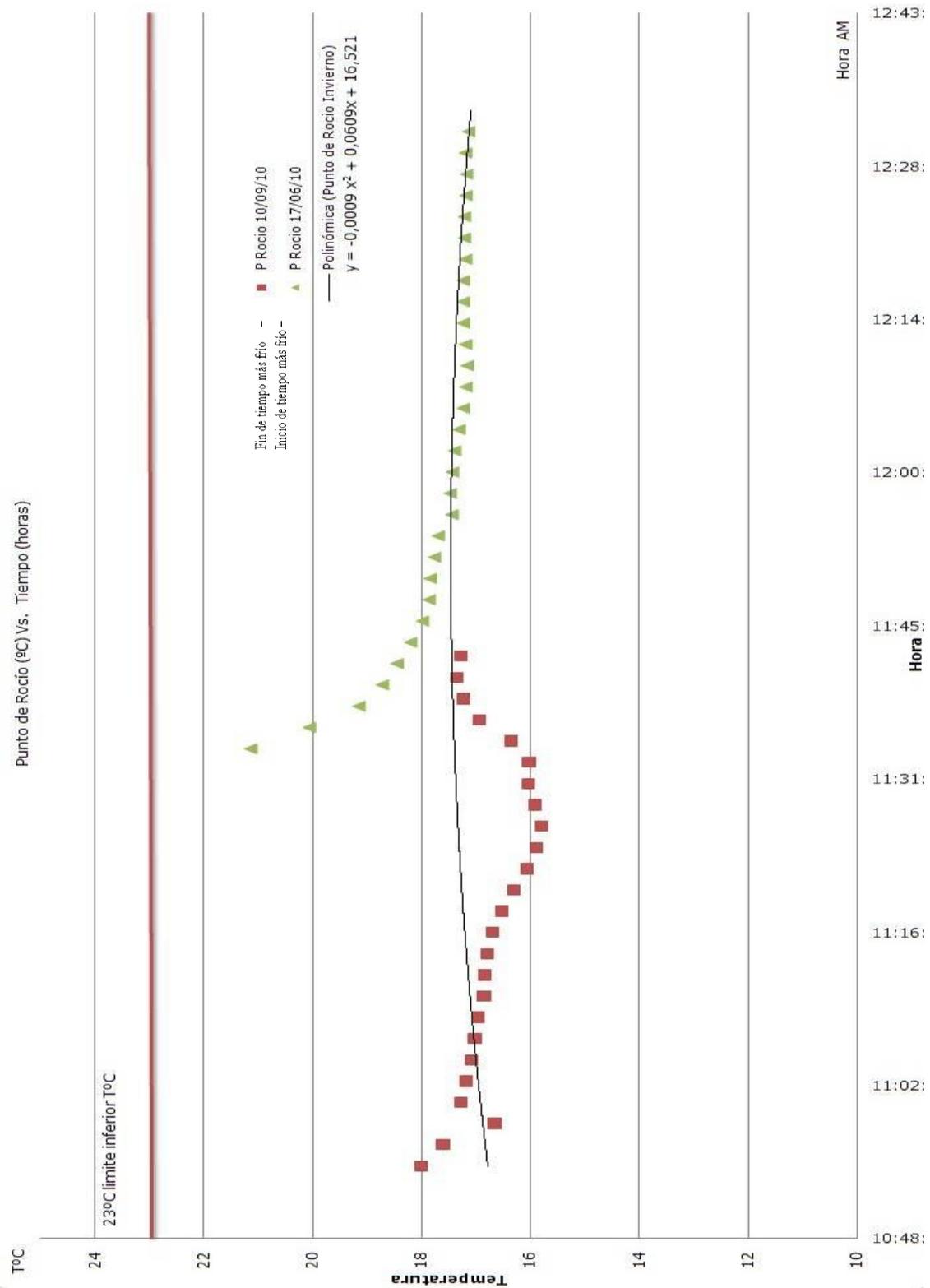
Punto de Rocío Verano: (Gráfico de Temperatura °C vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 16. Registro de niveles de punto de rocío verano versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

Punto de Rocío Invierno: (Gráfico de Temperatura °C vs. Tiempo en Horas)



Gráfica 17. Registro de niveles de punto de rocío invernal versus tiempo.

Fuente: elaboración propia.

### 4.3.2. Determinación y cálculo de variación en cada uno de los parámetros

#### medidos.

Todos los procesos de medición tienen variaciones que no se pueden eliminar, pero sí se pueden minimizar; cuando un proceso es corto en etapas la variación es mínima y en el caso de uso de equipos específicos para medición, la variación viene dada por el equipo en uso para un parámetro determinado, según el rango de operatividad.

Las variaciones de los parámetros medidos son:

*Temperatura* (°C):  $\pm 2.0$  °C ( $\pm 1.25\%$  de escala)

*Humedad* (%Hr):  $\pm 5$  %

*Punto de Rocío* (°C; no es un parámetro a medir, es referente de la situación del ambiente, se calcula con la humedad relativa y la temperatura):

Ecuación de punto de rocío... (i)

$$Pr = \left( \sqrt[8]{Hr * [(112 + (0.9 * T))]} + (0.1 * T) - 112 \right)$$

Donde..... Pr = Punto de rocío (°C).

T = Temperatura en grados Celsius.

Hr = Humedad relativa (en decimales no en porcentaje).

Simplificando por aproximación de (i)...Pr = T + 35 \* log(Hr) (ii)

Entonces:

Variación de Pr =  $\pm 10.0\%$

*Presión atmosférica* (en función del flujo de entrada y salida de aire en el ambiente):

Si para el flujo de aire se tiene: V (0 m/s -30 m/s)  $\rightarrow \pm 5.0\%$

Si..... Flujo final=  $V_e - V_s$

Donde..... Flujo final= Velocidad del aire en el ambiente confinado

$V_e$ = Velocidad de entrada del Aire

$V_s$ = Velocidad de salida del Aire

Entonces:

*Sonido*: ± 2dB (±1.18% de escala)

*Alimentación eléctrica* (voltaje, en referencia a sus variaciones de suministro): ± 3.0 %

### 4.3.3 Proyección de casos en base a modelos y curvas tipo.

Para la construcción de las curvas de tendencia dentro de los parámetros de tiempo de medición realizado, se usan únicamente los datos de temperatura, humedad y punto de rocío, utilizando como criterio de temporada verano e invierno. El sonido no se utilizará en este caso por ser independiente del factor climatológico (variación responsable por interacción humana). [3, 5, 8, 10, 9, 23]

Temperatura verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 12)

$$y = 0,0001x^2 - 0,008x + 25,628$$

Introduciendo Variación

$$y = 0,0001x^2 - 0,008x + 25,628 \pm \left(\frac{1,25x}{100}\right)$$

Temperatura invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 13)

$$y = -0,001x^2 + 0,0531x + 25,443$$

Introduciendo Variación

$$y = -0,001x^2 + 0,0531x + 25,443 \pm \left(\frac{1,25x}{100}\right)$$

Humedad verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 14)

$$y = -0,0005x^2 + 0,0079x + 66,424$$

Introduciendo Variación

$$y = -0,0005x^2 + 0,0079x + 66,424 \pm \left(\frac{5x}{100}\right)$$

Humedad invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 15)

$$y = -0,0004x^2 + 0,0113x + 58,303$$

Introduciendo Variación

$$y = -0,0004x^2 + 0,0113x + 58,303 \pm \left(\frac{5x}{100}\right)$$

Punto de Rocío Verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 16)

$$y = -2 * 10^{(-0,5 x^2)} - 0,0073x + 18,875$$

Introduciendo Variación

$$y = -2 * 10^{(-0,5 x^2)} - 0,0073x + 18,875 \pm \left(\frac{10x}{100}\right)$$

Punto de Rocío invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 17)

$$y = -0,0009x^2 + 0,0609 + 16,521$$

Introduciendo Variación

$$y = -0,0009x^2 + 0,0609 + 16,521 \pm \left(\frac{10x}{100}\right)$$

La medición hecha fue discreta, no continua; la ecuación polinómica final de tendencia de comportamiento presentada en cada caso es en función del tiempo en las abscisas “x”, dando como resultado un comportamiento continuo en las ordenadas “y” para temperatura(°C), humedad relativa (Hr%) y punto de rocío según sea el caso (°C).

#### 4.3.4. Revisión de los resultados obtenidos de los parámetros medioambientales bioseguros.

Con las ecuaciones anteriores, comparadas con los rangos permisibles y considerando que cada grado centígrado fuera del rango podría introducir hasta 4% de error en una medición, se enuncia: [3, 5, 8, 10, 9, 23]

Temperatura verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 12)

$$\text{Real: } y = 0,0001x^2 - 0,008x + 25,628 \pm \left(\frac{1,25x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=a, a=[23,37], \{(a-1)<a<(a+1)\}; \text{ ideal } a=25$$

Temperatura invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 13)

$$\text{Real: } y = -0,001x^2 + 0,0531x + 25,443 \pm \left(\frac{1,25x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=b, b=[23,37], \{(b-1)<b<(b+1)\}; \text{ ideal } b=25$$

Humedad verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 14)

$$\text{Real: } y = -0,0005x^2 + 0,0079x + 66,424 \pm \left(\frac{5x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=c, c=[50,75], \{(c-1)<c<(c+1)\}; \text{ ideal } c=60$$

Humedad invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 15)

$$\text{Real: } y = -0,0004x^2 + 0,0113x + 58,303 \pm \left(\frac{5x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=d, d=[50,75], \{(d-1)<d<(d+1)\}; \text{ ideal } d=60$$

Punto de Rocío Verano [08:52am → 12:15pm] (Ver grafica 16)

$$\text{Real: } y = -2 * 10^{(-0,5 * x^2)} - 0,0073x + 18,875 \pm \left(\frac{10x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=e, e<<23$$

Punto de Rocío invierno [10:54am → 12:34pm] (Ver grafica 17)

$$\text{Real: } y = -0,0009x^2 + 0,0609 + 16,521 \pm \left(\frac{10x}{100}\right)$$

$$\text{Ideal: } Y=f, f<<23$$

Al revisar los gráficos y las ecuaciones planteadas, se determina que existe una variación amplia entre lo solicitado por las normas, dentro de los parámetros de trabajo, con respecto a las variaciones en función del tiempo de los parámetros señalados anteriormente.

- ❖ Temperatura verano: en 3 horas, varia de 25 a 28 °c
- ❖ Temperatura invierno: en 2 horas, varia de 25 a 30 °c
- ❖ Humedad relativa verano: en 3 horas, varia de 56 a 66 %Hr
- ❖ Humedad relativa invierno: en 2 horas, varia de 55 a 62 %Hr
- ❖ Punto de rocío verano: en 3 horas, varia de 17 a 20°c
- ❖ Punto de rocío invierno: en 2 horas, varia de 16 a 21°c

Las ecuaciones deberían ser lo más lineales posible pues el ambiente interno de la unidad no debería variar en más de una unidad en el tiempo, en función del punto ideal aunque el parámetro medido este dentro del rango; la salida de los rangos

corresponderán a que los valores de los parámetros ambientales en la UCIN INT INMP siguen las respectivas variaciones climatológicas en el exterior del hospital, donde se encuentran los sistemas de suministro de aire tratado.

#### **4.4. Evaluación de propuesta de solución a parámetro medioambiental bioseguro fuera de rango.**

La propuesta de un plan de soluciones se enmarcará en los siguientes pasos:

1. Llevar a cabo los registros de los parámetros ambientales señalados.
2. Realizar las evaluaciones del caso con los cuestionarios.
3. Levantar un reporte con los datos colectados según lo indicado.
4. Analizar los resultados obtenidos en los reportes generados.
5. Proceder a evaluar la problemática con un ingeniero biomédico especialista, si los parámetros obtenidos salieran de los rangos permisibles señalados o los datos fueran muy variables entre mediciones, sin consistencia.
6. Utilizar como base el manual de la ASHRAE para revisar las indicaciones de funcionamiento adecuado de los sistemas en el área donde se midieron los parámetros ambientales, de detectarse un problema o alteración. Si la causa del escape de rango o variaciones de los parámetros fuera por error humano se deberá tomar acciones correctivas para mejorar el área.
7. Evaluar si es factible reparar el equipo o sistema para que cumpla con las condiciones del rango, o solicitar el cambio; esta evaluación será llevada a cabo por el ingeniero biomédico de la institución de salud junto con el ingeniero de mantenimiento del establecimiento de salud y un especialista en el equipo o sistema que cause el fallo. Se deberá capacitar a los usuarios sobre el uso del equipo o sistema que se repare o se cambie.
8. Proceder a realizar el monitoreo del parámetro mejorado, después de efectuada la operación en el sistema. Emitir reporte de los resultados encontrados.

Siempre la solución a la problemática vendrá dada por la aplicación directa de las Normas relacionadas a ser revisadas por Ingenieros Biomédicos (Normas y Guías internacionales mencionadas en Bibliografía).

La aplicación de una posible solución siempre debe ser propuesta, revisada y ejecutada por un ingeniero biomédico en coordinación con las otras especialidades relacionadas con el parámetro a mejorar, interpretando y adaptando la Norma elegida como base de regulación del sistema en el área de medición.

Se recomienda utilizar los manuales y guías de Normas de la Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado – ASHRAE, los cuales contienen un compendio de normas internacionales aplicadas y verificadas.

#### **4.4.1. Resultados de ejecución de soluciones a parámetro medioambiental bioseguro, sonido.**

Para la ejecución de una solución factible dentro de UCIN INT INMP, se eligió como parámetro viable el sonido.

Sonido (máximos de ruido): 50 ⇔ 55db [máximo transitorio instantáneo 70 db]

Se eligió el sonido debido a que la ejecución de una solución no ameritaba mayor inversión económica por parte de la unidad, ni se verían interrumpidas las labores en el área. Una propuesta general con respecto a sonido se hizo en febrero de 2011, optándose por realizar mantenimiento a los carros de transporte del área UCIN INT INMP después de realizarse una evaluación con respecto a la información adquirida en el transcurso de las mediciones del 2010 e inicio 2011.

Los resultados se pueden ver en las gráficas (N° 01-02) de medición de sonido en el período que se tomó el muestreo. Las curvas de sonido se desplazan hacia abajo dentro del rango máximo permisible.

Motivos comunes de Variaciones de sonido en el área (de mayor a menor ocurrencia):

1. Conversación del personal en un volumen mayor de 50db y menor a 60db.

2. Paso de coches de transporte de material mayor a 60 db y menor 70 db.
3. Caídas de material médico al suelo, como máximos instantáneos.
4. Alarmas de sensores en equipo acoplados a incubadoras, mayor a 70db y menor a 80db, en algunos casos superó los 80db.
5. Música de equipo de sonido en el área o festividades externas al área, mayor a 50 db y menor a 60db.

El parámetro medioambiental sonido obtuvo un planteamiento que permitió una solución, evitando el generar costos a la institución. El plantear mejoras es factible; el llevar a cabo otras soluciones puede requerir inversión económica y es potestad de la institución ejecutarlas; mención de casos:

- Temperatura ambiental, está dentro de rango.
- Humedad en el ambiente, está dentro del rango en los momentos de la medición; con respecto al punto de rocío, la humedad es alta (mayor a 60% Hr) para equipos que puedan estar a menor temperatura que la ambiental favoreciendo condensación. No se pudo acceder a la información del sistema de aire acondicionado, por dificultad en trámites documentarios internos.
- Electricidad en el área, con respecto al voltaje, está en el rango. Se detectó la existencia de picos instantáneos. No se pudo acceder a los pozos a medir el ohmiaje, ya que no se tenía a disposición el material, los permisos y personal para realizar la medición.
- Presión del aire, se tiene presión positiva como recomienda la bibliografía. La presión positiva aparece por la falta de funcionamiento de esclusas de aire o sistemas de eyección de aire. No se pudo acceder a la información del sistema de aire acondicionado, por dificultad en trámites documentarios internos.
- Partículas aéreas, al no tener rango recomendado para el área no se procede a realizar mediciones, este parámetro está ligado al sistema de aire acondicionado,

y los filtros usados. No se pudo acceder a la información del sistema de aire acondicionado, por dificultad en trámites documentarios internos.

#### **4.4.2. Evaluación después de ejecutada la propuesta de solución a parámetro medioambiental bioseguro, sonido.**

Se presenta una curva cercana al límite superior del rango de máximos en el parámetro sonido, saliendo en múltiples ocasiones fuera del rango adecuado, asimismo los máximos instantáneos usualmente rebasaban los 80db. Por este motivo se conversó con el área de ingeniería del UCIN INT INMP y se optó por realizar mantenimiento completo de los carritos de transporte de material, que por el deterioro y óxido, emitían mucho ruido al desplazarse. Además, debido a la conversación de las personas los valores aumentaban.

Sonido (máximos de ruido): 50 ⇔ 55db [máximo transitorio instantáneo 70 db]

Una vez ejecutado lo convenido, se procedió a realizar otras mediciones, determinándose con los resultados que las curvas de sonido en el ambiente habían disminuido.

#### **4.4.3. Comparación de información de parámetro medioambiental bioseguro en punto de partida y punto final después de ejecutada la propuesta de solución.**

Tal como se indica sólo se realiza una revisión para el parámetro de sonido, aplicado al UCIN INT INMP, ya que es el único al cual se permite someter a una mejora en el área.

Los sonidos son una sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire; siendo las oscilaciones de presión de aire que por acción mecánica se transforman en vibraciones en el aparato auditivo (fig.11), estas vibraciones transformadas a potenciales eléctricos o señales, dichas señales serán transmitidas al cerebro por medio del nervio siendo interpretada la información por el cerebro predisponiéndonos a reaccionar como respuesta a la acción inicial (velocidad del sonido en el aire - 331,5 m/s). [3, 5, 8, 10, 9, 23]

La unidad a usar para representar la potencia de sonido captado será el decibelio, el decibelio es la unidad de medida utilizada para el nivel de potencia y el nivel de intensidad del ruido empleada en acústica para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia, así el decibelio de símbolo dB [10dB → 01 B], es una unidad logarítmica submúltiplo del belio [B], que es el logaritmo de la relación de la magnitud de interés. Los sonidos altos afectan a los recién nacidos haciéndolos reaccionar ante el estímulo, la gran carga sonora afecta su estado emocional el cual afecta su salud y desarrollo.

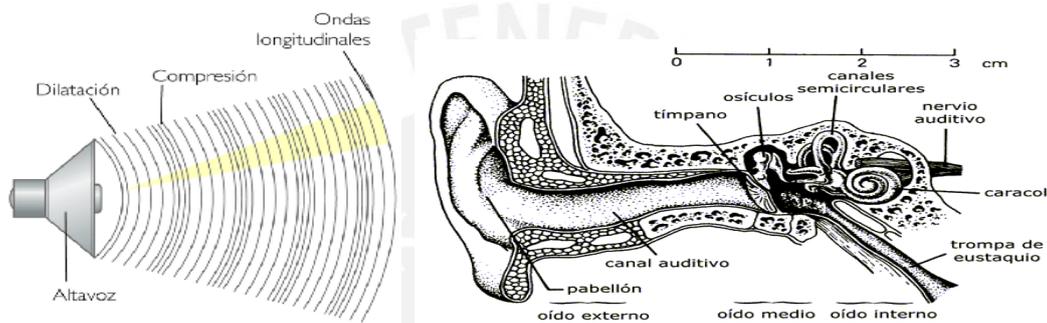


Figura 11. Ondas sonoras y oído. Fuente: Daniel Maggiolo, Apuntes de acústica musical, 2011.

Por lo revisado se deduce que la única manera de comparar las situaciones iniciales y finales de medición para el parámetro de sonido, es el tomar la información física de niveles de ruido con un sonómetro digital, el cual transforme la información de presión en impulsos eléctricos. Estos impulsos eléctricos serán transformados en información digital valedera y a su vez la información digital será capturada en un programa externo en una computadora personal. [3, 5, 8, 10, 9, 23]

La valores de la información de las variaciones del sonido a través del tiempo, fueron capturadas antes como después de realizada la recomendación; fueron graficadas y comparadas, se determina que sí hubo mejora con el cambio que se realizó en el área.

Al comparar los máximos inmediatos y el rango de mediciones estándar, en los datos de sonido por fecha, antes y después de ejecutada la mejora; se calcula y comprueba,

que existe una disminución en promedio del ruido en un 12,5%, en el período que se realizaron las mediciones del 2010 al 2011.

#### **4.4.4. Revisión final de situación después de ejecutada la propuesta de solución a parámetro medioambiental bioseguro en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Instituto Nacional Materno Perinatal.**

Realizada la revisión de la información de evaluación de parámetros y registro de eventualidades del área; se reporta, que el llevar a cabo una mejora en el ambiente deberá partir por un re-entrenamiento de los usuarios del área y sus conocimientos de bioseguridad.

Se recomienda después de lo revisado en la información capturada, el realizar evaluaciones permanentes de los parámetros medioambientales, así se podrá tener un registro de los sucesos y proceder con mejorar la bioseguridad en el ambiente de UCIN INT INMP.

# Conclusiones



## Conclusiones:

- I. Se comprueba que se generó una herramienta de calidad de uso práctico en los ambientes relacionados al sector salud, para la evaluación de seguridad biológica medioambiental; como se puede advertir en el capítulo 3, la cual utiliza parámetros de normas de calidad para su desarrollo y aplicación.
- II. Se comprueba que se generó una guía basada en normas internacionales de seguridad biológica medioambiental, evidenciada en el capítulo 2 y en los límites de las condiciones de los parámetros en 2.3; la cual otorga posibles soluciones de problemas en bioseguridad medioambiental.
- III. Se ratifica la importancia de los instrumentos de medición calibrados para poder obtener registros de los datos, de las variaciones de los diferentes parámetros medioambientales bioseguros a medir, siendo esta la correcta manera de llevar a cabo una revisión medioambiental; como se evidencia en lo informado en acápite 1.2 y requerimientos mínimos aceptables en el acápite 2.4
- IV. Por la información obtenida y el análisis de los datos:
  - a. Se demuestra la utilidad y necesidad de implementar la guía propuesta de evaluación de parámetros medioambientales; evidenciado en la revisión del acápite 4.2.4 según la observación de la graficas 01 y 02, que permite un correcto análisis, en comparación de la información y los rangos otorgados en el capítulo 2.
  - b. Se logra diseñar un sistema de solución a problemas en bioseguridad medioambiental, pudiéndose mejorar los niveles de sonido en el la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios del Instituto Nacional Materno Perinatal, aplicando el sistema propuesto en la tesis; como se evidencia en los resultados del acápite 4.4.1 en la disminución de los decibelios de sonido del ambiente.

c. Es factible aumentar la bioseguridad medioambiental de UCIN INT

INMP, como en el caso de sonido que se cumple con el límite máximo instantáneo según el rango de los parámetros medioambientales de sonido, como se evidencia en el acápite 4.4. 2, así se puede aumentar la probabilidad de supervivencia del neonato.

- V. Se genera una mejora en los niveles de sonido en UCIN INT INMP cuando los parámetros ambientales son evaluados en forma correcta, como se evidencia en el acápite 4.4.3; respaldado por normas un correcto mantenimiento de equipos en un área, como limpiar y aceitar las ruedas de los coches usados en el área.
- VI. Se puede cumplir con los rangos de los parámetros medioambientales de un ambiente de salud, sin realizar mayores gastos, aumentando la bioseguridad del área.
- VII. Se detecta la necesidad del uso de un sistema de medición confiable de parámetros medioambientales en todas las áreas correspondientes al Instituto Nacional Materno Perinatal, como se menciona en el acápite 1.2; para corroborar si las áreas cumplen los rangos de los parámetros medioambientales; así tener conocimiento del estado de la bioseguridad medioambiental, como las evaluaciones hechas en el capítulo 4.
- VIII. Corresponde a las autoridades de salud generar una regulación de diseño para la edificación, mejoramiento y modificación de ambientes relacionados al sector salud, en sus diferentes modalidades.
- IX. Otros tipos de ambientes de salud en diversas zonas geográficas, pueden aplicar la guía resultado de la presente tesis, incorporando los cambios en los parámetros a dichos establecimientos. Cabe indicar que en dicho caso la investigación aplicada requiere un análisis de las necesidades, logística, normas y otros factores determinantes para la validez del resultado final esperado.

# Observaciones y recomendaciones



**Observaciones:**

- I. Durante el período de registro y evaluación, se pudo observar el desconocimiento en el uso, trato y cuidado de los diferentes equipos de Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales Intermedios de Instituto Nacional Materno Perinatal por parte de los diferentes usuarios.
- II. La evaluación realizada en el presente trabajo, sólo pudo ser llevada a cabo durante el período en que al usuario de los sistemas de registro automatizado se le permitió estar presente (L-V 08:00am-02:00pm).
- III. El proceso de Control de eventos en la Unidad es difícil debido al alto nivel de rotación del personal de trabajo de las diferentes áreas, dentro de la unidad, imposibilitando tener un control sobre todos los hechos que se llevan a cabo dentro de la unidad.
- IV. Se denota que el desorden causado por el exceso de personal, por momentos, en el área provoca que ninguna persona se responsabilice por los actos que influyen en la disminución del cumplimiento de sus protocolos de bioseguridad medioambiental.
- V. No existe una persona encargada de vigilar el cumplimiento de los protocolos de bioseguridad en el área de cuidados intensivos, debido a la sobrecarga de trabajo y los horarios definidos para el cumplimiento de sus labores.
- VI. Durante el período de trabajo en UCIN INT INMP, no se pudo revisar el sistema que influía en: temperatura, humedad relativa, presión del aire, partículas aéreas; debido a que no se pudo acceder a la información del sistema de aire acondicionado, por dificultad en trámites documentarios, e impasses internos.

VII. Durante el período de trabajo en UCIN INT INMP, no se pudo revisar el sistema que influía en la electricidad, con respecto al voltaje, pues no se pudo acceder a los pozos a medir el ohmiaje; no se tenía a disposición el material, no se poseían los permisos y personal para realizar la medición.

### **Recomendaciones:**

- I. Las diferentes barreras y sistemas de contención biológicas ya instaladas en la UCIN INT INMP, deben ser evaluadas en la eficacia de su desempeño, para registrar la eficiencia de la labor que realizan, así se evitará un uso incorrecto.
- II. La evaluación de los parámetros medioambientales se debe expandir a diferentes períodos, o ser permanente para aumentar las diferentes bases de datos y así poder llevar a cabo un estudio más amplio, si se desea realizar varias mejoras en UCIN INT INMP, de esta manera aumentar la bioseguridad del ambiente o ambientes.
- III. En la presente tesis no se llevó a cabo la medición de partículas, pero se propone un sistema de evaluación. Para realizar una correcta evaluación se deberá acceder a la información del sistema de aire acondicionado y revisarlo físicamente.
- IV. Es recomendable que las autoridades de salud no limiten su control al cumplimiento del protocolo de trabajo del usuario del área, lo consistente con los criterios de seguridad del paciente y la calidad del servicio; corresponde controlar y evaluar el ciclo de trabajo del ambiente de salud en sus diferentes áreas como son: logística, administración, staff médico, personal de trabajo, área técnica, transportes, servicios terceros, etc.

- V. Corresponde a las autoridades de la UCIN INMP el mejorar el sistema de control del número de: trabajadores del área, internos, externos, visitantes y técnicos, en el área por horas y por turnos.
- VI. Corresponde a las autoridades de la UCIN INMP el revisar el número de incubadoras dentro del área por horas y por turno, así reconocer si pueden brindar adecuado monitoreo y servicio a los neonatos en el área.
- VII. Es adecuado usar la guía propuesta para instalar un sistema de monitoreo de cumplimiento de protocolos de bioseguridad de parámetros medioambientales dentro de UCIN INMP.
- VIII. Es adecuado revisar la real demanda interna del personal y sus capacidades, para poder implementar mejoras en la atención y cuidados que el personal tiene al desempeñar sus labores en el área.
- IX. Es recomendable el llevar una coordinación interna de sistemas de información, entre las áreas técnicas del UCIN INMP.

# Referencias Bibliográficas



Referencias bibliográficas<sup>34</sup>

1. A. D. McNaught and A. Wilkinson; Unión Internacional de Química Pura y Aplicada - International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC; Compendium of Chemical Terminology, The Gold Book, Second Edition Blackwell Science, [ISBN 0865426848]. 2003. U.S.A.
2. Agencia para la Investigación y la calidad de cuidados en Salud, Agency for Healthcare Research and Quality - AHRQ; Bioterrorism Emergency Planning and Preparedness questionnaire for Healthcare Facilities. 2002. USA.
3. Agency for Healthcare Research and Quality; Mission Statement: Center for Primary Care, Prevention, and Clinical Partnerships [en línea], December 2005. USA.
4. Antonio Blanco; El laboratorio de análisis en la Unidad de Cuidados Intensivos, automatización de laboratorios clínicos. 2001. Argentina. Descargable de: <http://www.hospitecna.com/>
5. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning – ASHRAE, Handbook Fundamentals [Disco], año 2009 (revisión: 2006, 2007, 2008), USA.
6. Asociación Nacional Contra Incendios, national fire protection association - NFPA; ; Standard for Health Care Facilities NFPA 99; Edition National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 An International Codes and Standards Organization. 1999. U.S.A.
7. Blackwell Science, D. McNaught and A. Wilkinson, Compendium of Chemical Terminology, The Gold Book [Disco]. Unión Internacional de Química Pura y Aplicada-IUPAC; Second Edition. 1997 [ISBN 0865426848]. USA.

---

<sup>34</sup> Según ISO 690 y ISO 690-2

8. Blga. María Paz Fernández Dillems; Intervención sensorio-motriz en recién nacidos prematuros [en línea]; Unidad de Kinesiología, Hospital San José; Universidad de Chile Servicio Salud Metropolitano Norte; Facultad de Medicina; Rev. Ped. Elec. 2004, Vol 1, N° 1. ISSN 0718-0918. Chile.
9. Centers for Disease Control and Prevention-CDC – NIH. Bioseguridad en laboratorios de microbiología y biomedicina [en línea]. 4ªed. 2002. USA.
10. Children's Hospital Central California; Health Encyclopedia [en línea]; Valley Children's Place; Madera, California 93636-8762; USA. Disponible de World Wide Web: [www.childrenscentralcal.org](http://www.childrenscentralcal.org)
11. Comisión Electrotécnica Internacional - International Electrotechnical Commission - I.E.C.; Sound level meters, IEC 60651. 1979. Suiza.
12. Comisión Electrotécnica Internacional - International Electrotechnical Commission - I.E.C.; Integrating-averaging sound level meters, IEC 60804. 1985. Suiza
13. Diane Holditch-Davis, PhD, RN, FAAN - Conducta del Sueño en Neonatos Prematuros y el Impacto en su Desarrollo Psicosocial [en línea]; University of North Carolina at Chapel Hill, EE.UU., en inglés, 7 de enero de 2004, en español, el 29 de enero de 2010.
14. European Committee for Standardization; Laboratory biorisk management standard [en línea], February 2008. Management Centre, Bélgica.
15. Gaceta Oficial N° 2.519; Decreto mediante el cual se dictan las Normas sobre el Control de la Contaminación generada por el Ruido, Decreto 2217. 27 de abril de 1992. Venezuela.
16. Humirel; Manual: Sensor de Humedad Relativa HS 1100/1101 [en línea], Francia. Disponible de World Wide Web: <http://www.meas-spec.com/>

17. Ing. José Eduardo Muñoz, Atar-Chile, Armónicos: Invitados de Piedra [en línea]; Comité de Equipamiento Eléctrico de AIE, Revista Electro Industria, Julio 2008. Chile.
18. Ing. Oscar Stalin Castañeda Ordóñez, Ing. William Javier Castañeda Ordóñez; Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro [en línea]; Corporación Centro Nacional de Control de Energía - CENACE - Eléctrica de Guayaquil; 2006. Ecuador.
19. Ing. Vicente Gastón Nieto Gallino, Ing. Otto Alvarado Moreno; Calidad de Energía Eléctrica: Análisis Armónico de Sistema eléctricos de potencia [en línea]; University of Texas At Arlington - ESPOL, 1998. USA.
20. Instituto Nacional de Salud - Manual de normas de bioseguridad - Biosafety standards manual, 61p.ilus; Serie de Normas Técnicas, 18. 1997. Lima, Perú.
21. Instituto Nacional de Salud – INS; Referencias de base indexadas de la Biblioteca Central del Perú. 2010. Perú.
22. International Electrotechnical Commission – IEC; Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio, Safety of measuring, control and laboratory equipment [en línea]. 2002/2003. Suiza.
23. José M. Novoa P., Marcela Milad A., Guillermo Vivanco G., Jorge Fabres B. y Rodrigo Ramírez F.; Recomendaciones de organización, características y funcionamiento en Servicios o Unidades de Neonatología [en línea]; Revista Chilena de Pediatría - Marzo - Abril 2009. Chile.
24. Organización mundial de la salud - OMS División de desarrollo de sistemas y servicios de salud programa de medicamentos esenciales y tecnología; Ingeniería y Mantenimiento de Servicios de Salud, Servicios de Laboratorio y

- Sangre. Cabinas de seguridad biológica: uso, desinfección y mantenimiento [en línea]. 1ª ed. Agosto 2002. USA.
25. Organización Mundial de la Salud– O.M.S.; Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos [en línea]; febrero 2012. Suiza.
  26. Organización Mundial de la Salud; Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Resumen de evaluación de los riesgos [en línea]; 2005, Suiza.
  27. Organización Mundial de la Salud; Manual de Bioseguridad en el Laboratorio [en línea], 3ªed. 2005 Ginebra. Suiza.
  28. Organización Mundial de la Salud; Entornos Laborales Saludables; Fundamentos y Modelo de la OMS Contextualización, Prácticas y Literatura de Apoyo. Organización Mundial de la Salud, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza; 2010.
  29. Organización Internacional de Normalización - International Organization for Standardization - I.S.O.; Información y documentación - Referencias bibliográficas - Contenido, forma y estructura, ISO 690 y ISO 690-2. España 2010. Disponible en: [www.iso.org](http://www.iso.org).
  30. Organización Internacional de Normalización - International Organization for Standardization - I.S.O.; Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y ensayo, ISO17025. España 2000. Disponible en: [www.iso.org](http://www.iso.org).
  31. Polit, D.F.; Huncler, B.B.; Investigación Científica en Ciencias de la salud (3ª ed.); Interamericana - Mc Graw-Hill. 1991. México.

32. Pontificia Universidad Católica de Perú - Notas de la Maestría en Ingeniería Biomédica, Programa maestría de ingeniería biomédica, ingeniería clínica. PUCP, 2010 – I. Perú.
33. Pontificia Universidad Católica de Perú - Notas de la Maestría en Ingeniería Biomédica, Programa maestría de ingeniería biomédica, ingeniería clínica avanzada. PUCP, 2010 – II.
34. Ricardo Narváez Blas; Recomendaciones a tener en cuenta para la selección, uso y mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado de los centros quirúrgicos, obstétricos y áreas críticas de los centros asistenciales de ESSALUD; Gerencia de Ingeniería Clínica y hospitalaria, Sub-Gerencia de Ingeniería Clínica, ESSALUD; 2005. Perú.
35. S. Rellán Rodríguez, C. García de Ribera y M. Paz Aragón García. - El recién nacido prematuro; Protocolos Diagnóstico Terapéuticos de la AEP: Neonatología; Asociación Española de Pediatría. 2008. España.
36. Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning – ASHRAE; estándar 52.1.1992. U.S.A.
37. Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning – ASHRAE; capítulo 24 - 2004 ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment. 2004. U.S.A.
38. Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning – ASHRAE; capítulo 16 - 2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals; 2005. U.S.A.

39. Sociedad Americana de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning – ASHRAE; estándar 62.1. 12 feb. 2011. U.S.A
40. T. Schroth, S. De Muller; Nueva normativa y nueva técnica de producción de filtros HEPA/ULPA para salas limpias [en línea], [British Standard 3928, US Military Standard 282, DIN 24184, ASHRAE Standard 52.1-1992, EN 779, C.E.N. - EN 1822]; Industria Farmacéutica – Enero, Febrero, 1999. USA.
41. Universidad de Alicante Facultad de Ciencias España; Manual Supervivencia en el laboratorio [en línea], 2004. Disponible de World Wide Web: [http://www.ua.es/centros/ciencias/seguridad/indice\\_manual\\_superv.htm](http://www.ua.es/centros/ciencias/seguridad/indice_manual_superv.htm)
42. U.S. Department of Health and Human Services - Food and Drug Administration – F.D.A.; Guidance for Industry Q1A (R2) Stability Testing of New Drug Substances and Products [en línea], Noviembre 2003. USA.
43. U.S. Department of Health and Human Services - Food and Drug Administration – F.D.A.; Guidance for Industry 21 CFR Part 11; Electronic Records; Electronic Signatures Maintenance of Electronic Records [en línea], Julio 2002. USA.
44. U.S. Department of Health and Human Services - Food and Drug Administration – F.D.A.; Guidance for Industry Q9 Quality Risk Management [en línea], Junio 2006. USA.
45. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health; Principles of Laboratory Biosecurity, Section VI, Biosecurity [en línea]; May 1999. USA.
46. Verdadera Innovación en Ciencia, Trust Science Innovation Inc. - TSI; Laboratory Design Handbook – Critical Enviroments, P/N 2980330 Rev A. 2005. U.S.A.