

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN
INTERIORES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR
MIRIAM MAGDALENA MONTANO HERNÁNDEZ
BLANCA AZUCENA SARAVIA FUENTES

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA

NOVIEMBRE 2024

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

MAESTRO JOSÉ RICARDO PALACIOS VALLADARES

MÁSTER NURIAN LISSETH PÉREZ DE MARÍN

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESOR DE ÁREA EN INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICOS, VETERINARIA Y
PRODUCTOS AFINES

MAESTRO ENRIQUE POSADA GRANADOS

ASESOR

DOCTOR CARLOS ALBERTO GALDÁMEZ

DOCENTE ASESORA

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por permitirnos cumplir esta meta tan anhelada, ya que sin su ayuda esto no sería imposible.

A nuestros estimados maestros asesores Maestro Ricardo Palacios, Maestra Katia de Palacios y Maestra Nurian de Marín por su tiempo, paciencia, dedicación y consejos dados durante todo este proceso, por siempre apoyarnos y creer en nosotras.

A todos los docentes que nos regalaron de su conocimiento a lo largo de los 5 años, admiración y agradecimiento es lo que sentimos por ellos.

A nuestros compañeros de clase, los que siempre nos regalaron de su tiempo para apoyarnos cuando las cosas no eran tan fáciles.

A las amistades sinceras que logramos obtener durante estos años de estudio, las que nos apoyaron en todo momento, las llevamos en nuestro corazón.

Azucena y Miriam

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por permitir culminar este proyecto de vida tan importante, por mostrarme cada día su misericordia.

A la virgencita por siempre acompañarme en todo momento e interceder ante su hijo amado para que culminara tan apreciada meta.

A mi madre Liduvina Hernández por ser una guerrera y acompañarme en todo momento en esta travesía, ya que sin su apoyo incondicional nada de esto fuera posible. Gracias mamita linda este triunfo es tuyo también.

A mi hermana Sary de Torres por apoyarme en todo momento y creer siempre en mí.

A mi abuelita Sara Martínez por sus oraciones y apoyo incondicional, por siempre cuidarme y apoyarme en todo momento.

A mi abuelito Héctor Hernández (Q.P.D) que en vida siempre me cuidó y creyó en mí.

A mi prometido Javier Márquez, por su apoyo, consejos y motivarme con amor a culminar este objetivo.

A mis primos y tíos que de alguna u otra manera me apoyaron.

A los amigos que conocí en la facultad por todas las risas en los momentos de estrés y apoyo incondicional que recibí, en especial de mí estimada amiga Azucena, Claudia y Karla, las llevo en mi mente y corazón.

Miriam Magdalena Montano Hernández

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios creador de todo, por la vida y porque hasta el día de hoy siempre ha estado conmigo, dándome su amor incondicional, sabiduría, entendimiento. Por guiarme durante todo este camino. Este triunfo es una representación de su gran amor. Gracias Diosito por siempre escuchar mis oraciones, en los buenos y malos momentos, sin ti esto no hubiera sido posible. Y porque se, que de tu mano guiándome, este es solo el inicio de grandes metas por cumplir.

A mis padres, Paulina Fuentes de Saravia y Santos Saravia por su amor, apoyo incondicional. Por siempre motivarme a estudiar. Este título es de ustedes. Por siempre inculcarme que, con valentía, determinación, trabajo, esfuerzo y la ayuda de Dios todo se puede lograr. Por brindarme todo lo necesario. Mamita, valieron la pena esas noches de desvelo a mi lado. Papito, valió la pena todo su esfuerzo, trabajo y sacrificio durante todos estos años. A mi sobrinito Enrique Aguilar, que es la luz de mis ojos. Y quien me motiva ser mejor persona cada día.

A mi novio Jordán López, por estar ahí presente apoyándome.

Encarnación Benítez (Choncita) (Q.P.D), por su ejemplo de determinación y voluntad.

A mi mejor amiga Lucia Portillo, por su amistad, cariño y a su familia, por siempre recibirme con los brazos abiertos.

A mi amiga y compañera de tesis Miriam Montano, por ser constante y no rendirse, que a pesar de las pruebas continuamos hacia la culminación de esta tesis.

Lic. Katia Martínez, Lic. Sandra López, Lic. Delmy Hernández, Dr. Alberto Galdámez por ser una inspiración para mí.

A la Facultad de Química y Farmacia, por permitirme culminar esta carrera, y cada uno de los docentes que formaron parte de esta trayectoria.

Blanca Azucena Saravia Fuentes

ÍNDICE GENERAL

	Pág. N°
ABREVIATURAS	
RESUMEN	
CAPÍTULO I	18
1.0 INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO II	21
2.0 OBJETIVOS	22
CAPÍTULO III	23
3.0 MARCO TEÓRICO	24
3.1 Material Particulado	24
3.2 Características de las partículas	25
3.2.1 Forma de las partículas.	25
3.2.2 Composición química de las partículas.	25
3.2.3 Permanencia de las partículas en la atmósfera.	26
3.3 Toxicología del Material Particulado	26
3.3.1 Rutas de exposición	26
3.4 Efectos de la contaminación atmosférica por Material Particulado en la salud.	27
3.5 Calidad del aire en interiores	28
3.6 Causas que afectan la calidad del aire	29
3.6.1 Mala calidad del aire interior	29
3.6.2 Deficiencias en la ventilación	30
3.6.3 Contaminación exterior	30
3.7 Contaminación ambiental por material particulado en bibliotecas	31
3.8 Síndrome del edificio enfermo	31
3.9 Directrices de la OMS sobre la calidad del aire	32
3.10 Estándares de la Agencia de Protección Ambiental (EPA)	33
3.11 Calidad del aire según la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA)	34
3.12 Norma Salvadoreña de La Calidad del Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas	34
NSO 13.11.01:01	34
3.13 Monitoreo de Material Particulado en El Salvador	35

3.14 Comparación de concentración entre las normativas vigentes	36
CAPÍTULO IV	37
4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	38
4.1 Tipo de estudio	38
4.1.1 Estudio Transversal	38
4.1.2 Estudio de campo	38
4.1.3 Investigación Bibliográfica	39
4.2 Investigación de campo	39
4.2.1 Universo	39
4.2.2 Muestra	39
4.2.3 Métodos e instrumentos de recolección de datos	40
4.2.4 Identificación de fuentes de producción de MP2.5 y MP10	40
4.3 Parte experimental	41
4.3.1 Proceso para la toma de muestra de Material Particulado (MP 2.5 y MP 10) en las Bibliotecas y Oficinas Administrativas	41
4.4 Estrategia de muestreo	43
4.5 Análisis estadístico	43
CAPÍTULO V	44
5.0 RESULTADOS	45
5.1 Información de Encuesta	45
5.2 Croquis de las Bibliotecas y Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador	48
5.2.1 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Química y Farmacia	48
5.2.2 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura	50
5.2.3 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Agronómicas	51
5.2.4 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Económicas	53
5.2.5 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	54
5.2.6 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Medicina	57
5.2.7 Representación de los puntos muestreados en Secretaria de Asuntos Académicos	61
5.2.8 Representación de los puntos muestreados en la Biblioteca Central	63
5.3 Valores de MP2.5 Y MP10 graficados	66

5.3.1 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Química y Farmacia	67
5.3.2 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura	71
5.3.3 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Agronómicas	73
5.3.4 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Económicas	77
5.3.5 Valores de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	79
5.3.6 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Medicina	85
5.3.7 Valores obtenidos de Material Particulado de la Secretaría de Asuntos Académicos	93
5.3.8 Valores obtenidos de Material Particulado de la Biblioteca Central	97
CAPÍTULO VI	103
6.0 CONCLUSIONES	104
CAPÍTULO VII	105
7.0 RECOMENDACIONES	106

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N.º		Pág. N.º
1	Manejo del equipo de medición.	41
2	Obtención de datos.	42
3	Tabulación de datos obtenidos y comparación de normativas	42
4	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia.	48
5	Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia.	49
6	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	50
7	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas.	51
8	Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas	52
9	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas.	53
10	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.	54
11	Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.	55
12	Croquis de área de Expedientes de Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.	56
13	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Medicina.	57
14	Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Medicina Pre-Grado (tesis recientes) Planta alta.	58
15	Croquis de la Tesario de Pre-Grado (tesis más antiguas) y parte de expedientes de la Administración Académica de la	59

	Facultad de Medicina.	
16	Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Medicina.	60
17	Croquis de Secretaría de Asuntos Académicos.	61
18	Croquis de anexo de Secretaría de Asuntos Académicos.	62
19	Croquis de Biblioteca Central	63
20	Croquis de Tesario de Biblioteca Central.	64
21	Croquis del área de Diccionarios de la Biblioteca Central	65
22	Representaciones de figuras de Croquis.	66
23	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.	67
24	Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.	68
25	Valores de MP2.5 de la Administración académica de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.	69
26	Valores de MP10 de la Administración académica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad El Salvador.	70
27	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.	71
28	Valores de MP10 de la Biblioteca de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.	72
29	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de Agronomía de la Universidad de El Salvador.	73
30	Valores de M10 de la Biblioteca de Agronomía de la Universidad de El Salvador.	74
31	Valores de MP2.5 de la Administración académica de Agronomía de la Universidad de El Salvador.	75
32	Valores de MP10 de la Administración académica de Agronomía de la Universidad de El Salvador.	76
33	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de Ciencias Económicas	77

	de la Universidad de El Salvador.	
34	Valores de MP10 de la Biblioteca de Ciencias Económicas de la Universidad de El Salvador.	78
35	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de El Salvador.	79
36	Valores de MP 10 de la Biblioteca de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de El Salvador.	80
37	Valores de MP 2.5 de la Administración Académica de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.	81
38	Valores de MP 10 de la Administración Académica de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.	82
39	Valores de MP 2.5 del Expediente de la Administración Académica de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.	83
40	Valores de MP 10 del Expediente de la Administración Académica de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.	84
41	Valores de MP2.5 de la Biblioteca de Medicina de la Universidad de El Salvador.	85
42	Valores de MP10 de la Biblioteca de Medicina de la Universidad de El Salvador.	86
43	Valores de MP2.5 del Tesario pregrado de Medicina de la Universidad de El Salvador.	87
44	Valores de MP10 del Tesario pregrado de Medicina de la Universidad de El Salvador.	88
45	Valores de MP2.5 del Tesario sótano de Medicina de la Universidad de El Salvador.	89
46	Valores de MP10 del Tesario sótano de Medicina de la Universidad de El Salvador	90

47	Valores de MP2.5 de la Administración Académica de Medicina de la Universidad de El Salvador.	91
48	Valores de MP10 de la Administración Académica de Medicina de la Universidad de El Salvador.	92
49	Valores de MP 2.5 de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.	93
50	Valores de MP10 de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.	94
51	Valores de MP2.5 del anexo de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.	95
52	Valores de MP10 del anexo de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.	96
53	Valores de MP2.5 de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	97
54	Valores de MP10 de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	98
55	Valores de MP2.5 del Tesario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	99
56	Valores de MP10 del Tesario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	100
57	Valores de MP2.5 en área de diccionario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	101
58	Valores de MP10 en área de diccionario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Niveles recomendados en las Guías de Calidad de Aire GCA 2021 en comparación con los de la GCA 2005.	31
2	Estándares de la agencia de protección ambiental (EPA) para Material Particulado.	31
3	Límite permisible para el MP respirable según la OSHA.	32
4	Norma de Calidad de aire ambiental (inmisiones).	33
5	Cuadro comparativo entre las Normativas Vigentes para Material Particulado.	34
6	Resumen de los datos obtenidos en la encuesta.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N.º

- 1 Imágenes de las condiciones ambientales de Material Particulado en las Administraciones Académicas y Bibliotecas del estudio.

ABREVIATURAS

MP: Material Particulado.

MP2.5: Material Particulado con un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 μm .

MP10: Material Particulado con un diámetro aerodinámico inferior a 10 μm .

OMS: Organización Mundial de la Salud.

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

EPA: Agencia de Protección Ambiental.

PTS: Partículas Totales Suspendidas.

AI: Aire Interior.

GCA: Guía de la Calidad del Aire.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología.

SD: Desviación Estándar.

\bar{x} : Media.

RESUMEN

En los últimos años se han reportado incrementos de la contaminación por parte de Material Particulado en ambientes cerrados, y al estar en contacto prolongado puede incrementar el riesgo de desarrollo de enfermedades respiratorias o cardiovasculares. Por tal motivo, esta investigación se enfocó en determinar las concentraciones de Material Particulado 2.5 y Material Particulado 10 a las que están expuestos los trabajadores de 7 Bibliotecas y 5 Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador. Para ello se crearon croquis y se identificaron puntos de muestreo, para cuantificar la concentración de Material Particulado 2.5 y 10, a través de un monitor portátil de calidad de aire de lectura directa, además, se aplicó una encuesta a los trabajadores de dichas áreas para conocer algunas afectaciones a la salud principalmente respiratorias. Los resultados se compararon con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 Calidad del Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas, obteniendo como resultado que en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Administración Académica de Medicina, Secretaría de Asuntos Académicos, Biblioteca Central y Tesario de la Biblioteca Central, la calidad del aire al que están expuestos los trabajadores no cumple en algunos puntos de muestreo con el parámetro establecido por la normativa de referencia $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Material Particulado 2.5 y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Material Particulado 10. En conclusión, la mala calidad del aire interior, las deficiencias en la ventilación, la falta de limpieza y la contaminación del exterior influyen en el aumento de la concentración de Material Particulado en ambientes cerrados por lo que se recomienda, aumentar los protocolos de limpieza y los sistemas de ventilación tanto para estantes como para aires acondicionados y realizar monitoreo de la calidad del aire en espacios cerrados, así como, realizar evaluaciones de higiene entre las que conlleva alternar a los trabajadores, además de realizar evaluaciones médicas de dicho personal.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

El Material Particulado es una mezcla compleja de una gran variedad de pequeñas partículas de sólidos o líquidos, tanto orgánicos como inorgánicos, naturales y antropogénicos, de composición variable suspendidos en el aire y de diferentes tamaños, siendo este último factor uno de los más importantes y críticos para determinar la peligrosidad del Material Particulado.

Una de las clasificaciones del Material Particulado es en función del tamaño; las partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 10 micrómetros (Material Particulado 10), penetran a lo largo del sistema respiratorio hasta llegar a los pulmones, provocando irritación y agravando diversas enfermedades, mientras que el Material Particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 2.5 micrómetros (Material Particulado 2.5) supone mayor riesgo a la salud ya que, por ser Material Particulado fino puede penetrar a los alvéolos pulmonares y provocar enfermedades más complejas.

La exposición a Material Particulado fuera de los límites permisibles tiene repercusiones sobre la salud humana, entre las principales están: irritación de nariz y ojos, aumento de las infecciones respiratorias agudas, aumento de crisis asmáticas, aumento en los síntomas en pacientes que padecen de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cardiopatías, cáncer pulmonar, entre otros. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue conocer las concentraciones de Material Particulado al que están expuestos los trabajadores de siete Bibliotecas y cinco Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador, las principales fuentes de origen de Material Particulado y algunos daños a la salud que podrían estar relacionados, principalmente en aquellos trabajadores que tienen un mayor gradiente de exposición a estas partículas.

Los valores de los niveles de Material Particulado obtenidos se compararon con los valores de referencia que establece la Norma Salvadoreña de Calidad del Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01). Por otra parte, las mediciones de concentración se realizaron con la ayuda de un equipo portátil de monitoreo directo, colocando puntos de muestreo en las áreas previamente medidas de las bibliotecas y oficinas administrativas. Para conocer más de cerca las enfermedades que padecían los trabajadores se realizó una encuesta, donde se recolectó información general de salud y de algunas enfermedades respiratorias. Es importante mencionar,

que la recolección de datos de esta investigación se realizó en el período comprendido de septiembre a octubre de 2022.

Los resultados obtenidos fueron que en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Administración Académica de la Facultad de Medicina, Secretaría de Asuntos Académicos, Biblioteca Central y Tesario de la Biblioteca Central, la calidad del aire al que están expuestos los trabajadores no cumple en algunos puntos de muestreo con el parámetro establecido por la normativa de referencia $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Material Particulado 2.5 y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Material Particulado 10. Esto indica que es necesario realizar algunas medidas preventivas y correctivas, para disminuir las afectaciones a la salud de estos trabajadores.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la concentración de Material Particulado 2.5 y Material Particulado 10 en interiores de la Universidad de El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 2.2.1 Realizar una encuesta para identificar la presencia de algunas afectaciones a la salud en los trabajadores que laboran en siete Bibliotecas y cinco Oficinas administrativas de la Universidad de El Salvador, asociadas a la exposición a Material Particulado.
- 2.2.2 Establecer puntos de muestreos para la cuantificación de las concentraciones de Material Particulado 2.5 y Material Particulado 10, en siete Bibliotecas y cinco Oficinas administrativas de la Universidad de El Salvador.
- 2.2.3 Medir los niveles de Material Particulado 2.5 y Material Particulado 10, en cada uno de los puntos de muestreo de las siete Bibliotecas y cinco Oficinas administrativas de la Universidad de El Salvador, sede Central.
- 2.2.4 Comparar los valores obtenidos de Material Particulado 2.5 y Material Particulado 10, con los valores máximos establecidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 Calidad de Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Material particulado

El Material Particulado (MP) es una compleja mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Las partículas se clasifican en función de su diámetro en: PTS (partículas totales suspendidas), MP10 (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 μm) y MP2.5 (diámetro aerodinámico inferior a 2.5 μm). Estas últimas suponen mayor riesgo para la salud.¹ A su vez, el MP en el aire proviene de fuentes antropogénicas y naturales. El de origen antropogénico mayoritario es por la quema excesiva de combustible fósil y biomasa (leña o carbón), mientras tanto, los contaminantes de origen natural son producidos por el polen, aerosol marino, tormentas de arena y erupciones volcánicas. Por lo tanto, los niveles de riesgo asociado al MP dependerán del tamaño y del origen de la partícula.

El tamaño de las partículas suspendidas es una característica muy importante, porque mientras más pequeño sea su diámetro aerodinámico mayor será su capacidad de penetración de las vías áreas más profundas del sistema respiratorio; por lo tanto, a lo largo del tiempo, debido principalmente a los resultados de numerosas investigaciones, la clasificación de las partículas se ha ido modificando sobre los efectos de las partículas ambientales en la salud humana.²

Originalmente, el indicador de la calidad del aire referente a las partículas era solo para las partículas suspendidas totales (PTS), las cuales comprenden un rango de tamaño entre 0.005 y 100 micrómetros o micras (μm) de diámetro aerodinámico; sin embargo, la mayoría de las partículas presentes en la atmósfera tienen un tamaño menor a 40 μm . La fracción gruesa la componen las partículas cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2.5 y 10 μm (MP2.5-10), la fracción fina comprende las partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 μm (MP 2.5), y las ultras finas se refieren a las partículas menores a 1 μm (MP1).³

3.2 Características de las partículas

Las partículas suspendidas tienen características únicas entre los contaminantes atmosféricos. Mientras que los contaminantes en fase gaseosa, como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, son compuestos químicos bien definidos, las partículas varían en cuanto forma, tamaño, composición química y permanencia en la atmósfera. Estas tres características, así como la relación entre la masa y el volumen de las partículas, se abordan a continuación.³

3.2.1 Forma de las partículas.

Las partículas ambientales presentan una variedad de formas, como esferas, elipses, cubos, formas irregulares o geometría fractal, etc. La forma de las partículas es muy importante para determinar sus propiedades ópticas, las que juegan un papel muy significativo en el balance radiactivo del planeta debido a que la Tierra tiene una atmósfera compuesta por moléculas y partículas suspendidas que interactúan con la luz solar y se encargan de su dispersión. Por otra parte, la diversidad de formas de las partículas también tiene un efecto en su diámetro aerodinámico de ellas.²

3.2.2 Composición química de las partículas.

La composición química de las partículas es muy diversa y depende de la fuente emisora como del mecanismo de formación de las partículas. Por ejemplo, las partículas encontradas en una región costera estarán principalmente compuestas de cloruro de sodio proveniente de la sal presente en el mar, mientras que las partículas de origen geológico estarán formadas por óxidos de hierro, calcio, sílice y aluminio; en los procesos de combustión se emiten partículas de carbón, pero también, materia inorgánica que proviene del contenido de mineral presente en los combustibles. Lo mismo pasa con la mayoría de los procesos industriales, como las cementeras, donde las emisiones serán compuestos inorgánicos, a menudo de composición similar a las materias primas o productos generados.²

Las partículas ambientales que provienen de las fuentes móviles que usan gasolina o diésel son una mezcla de carbón orgánico, carbón elemental y pequeñas trazas de metales y sulfatos. De esas partículas, el carbón orgánico contribuye entre el 26 % y el 88 % del total de partículas ambientales provenientes de esta fuente. Es así que dependiendo del tipo de partículas y de su fuente de emisión se pueden encontrar tanto compuestos mayoritarios como minoritarios, todo dependerá del tipo de fuente de emisión.²

3.2.3 Permanencia de las partículas en la atmósfera.

Las partículas son removidas de la atmósfera a través de diferentes procesos, como sedimentación y precipitación, pero es también el tamaño de las partículas uno de los factores que determinan el tiempo de residencia de las partículas. Las partículas mayores de 20 micrómetros pueden permanecer suspendidas en la atmósfera durante algunas horas, mientras que las partículas entre 2 y 3 micrómetros pueden permanecer de 2 a 4 días. Otros factores que afectan el tiempo de residencia de las partículas ambientales son sus propiedades termodinámicas, que se refiere a la distribución de la masa entre la fase gaseosa y la del aerosol, lo cual depende de la temperatura y la humedad en la atmósfera.⁴

3.3 Toxicología del Material Particulado

3.3.1 Rutas de exposición

La inhalación es la ruta de exposición más relevante, debido a que es la vía en la que causa más efectos adversos el MP en la salud humana, aunque la exposición en la vía dérmica, mucosa ocular y nasal, también, son formas exposición pero en menor grado. A su vez factores como el ambiente de exposición (exterior versus interior), tabaquismo, actividad personal u ocupación, hacen que la correlación entre exposición y concentración de MP respirado sea variable en referente a las consecuencias causadas.⁴

Los aspectos de la exposición están determinados por la concentración del agente en el aire inhalado en este caso el MP y la duración de la inhalación con el aire contaminado. La misma exposición acumulativa puede ser alcanzada por varias combinaciones de concentración y duración; sin embargo, desde la perspectiva biológica, los picos de exposición corta pueden tener

diferentes efectos a las exposiciones prolongadas que son acumulativas, siendo estas últimas las de mayor preocupación.⁵

3.4 Efectos de la contaminación atmosférica por Material Particulado en la salud.

La ruta primaria de exposición es el sistema respiratorio, el cual tiene mecanismos de defensa para impedir que las partículas, bacterias, virus y gases ingresen a la mucosa de la vía aérea. La cantidad de aire que debe filtrar el pulmón es enorme y el mecanismo de limpieza de las vías aéreas podría llegar a saturarse cuando las personas viven en ambientes contaminados. Esta situación no sólo puede ser nociva para el pulmón, sino también, aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, puede producir alteraciones y diversos daños en diferentes partes del organismo.⁶

La Sociedad Americana del Tórax define los efectos adversos sobre la salud respiratoria como cambios fisiológicos o patológicos, evidenciados por uno o más de los siguientes puntos:

- Interferencia en la actividad normal de las personas afectadas.
- Enfermedad respiratoria episódica.
- Enfermedad incapacitante.
- Daño respiratorio, y/o difusión respiratoria progresiva.

Se ha reportado que la exposición a los contaminantes atmosféricos principalmente MP10, MP2.5, NO₂ y O₃, son las principales partículas responsables de incrementar la mortalidad general, la mortalidad infantil y la mortalidad en los adultos mayores, ya que producen aumento en los síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar en personas asmáticas, aumento de uso de broncodilatadores, aumento de visitas a urgencia, aumento de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas, aumento de la reactividad bronquial, baja tolerancia al ejercicio, bronquitis obstructiva crónica, enfisema, asma y cáncer pulmonar, entre otros efectos.⁴

Muchos estudios epidemiológicos longitudinales, han reportado el impacto agudo del MP sobre el sistema pulmonar, incluyendo el efecto reversible sobre la función respiratoria y el incremento en la reactividad bronquial. Estos efectos adversos dependen, por un lado, de la concentración ambiental, composición y características de la exposición (magnitud, frecuencia, intensidad y duración), por otro parte, de la susceptibilidad de las personas expuestas, principalmente en niños y ancianos quienes tienen una mayor susceptibilidad al efecto del contaminante.⁶

La contaminación por partículas, especialmente el (MP 2.5), contiene sólidos microscópicos que pueden penetrar profundamente en los pulmones y causar problemas de salud. Varios estudios científicos han vinculado la exposición a MP con muerte prematura en personas con enfermedades respiratorias o cardíacas, frecuencia cardíaca irregular, ataques cardíacos no fatales, agravamiento del asma, disminución de la función pulmonar y aumento de síntomas respiratorios. Las personas sanas pueden experimentar síntomas temporales frente a la exposición a niveles elevados de Material Particulado. El diámetro aerodinámico de la partícula determinará el nivel que puede alcanzar en el aparato respiratorio.⁶

3.5 Calidad del aire en interiores.

El término aire interior al que nos referiremos en adelante suele aplicarse a ambientes interiores no industriales; edificios de oficina, edificios públicos (colegios, universidades, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares. Por otra parte, la calidad del aire se define como la armonía de factores térmicos, acústicos, luminosos y del aire que se respira, que no ha de suponer peligro para la salud y ha de resultar fresco y agradable. El aire interior (AI) de una vivienda o edificio no debe contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar la salud o causar malestar a sus ocupantes.⁷

La calidad de aire en edificios es perturbada constantemente por la interacción de agentes físicos (temperatura, viento, radiación solar, los ruidos etc.) químicos (sustancias y/o compuestos orgánicas e inorgánicas) y biológicos produciendo diversos efectos y consecuencias sobre las personas en el medio físico-natural y los edificios. Así mismo los elevados índices de contaminación ambiental son una amenaza constante que deteriora el medio ambiente hasta

convertirlo en no apto para el desarrollo de las actividades y pone en peligro la vida de las personas.⁸

La composición química del aire interior puede comprender multitud de sustancias en bajas concentraciones. Los niveles de contaminación medidos en estudios realizados en oficinas y en viviendas suelen estar muy por debajo de los límites permisibles para ambientes industriales, pero el análisis químico no permite predecir la percepción que los habitantes tienen del aire que respiran, ya que la mezcla de muchos contaminantes aun en bajas concentraciones y matizados por las condiciones de humedad y temperatura puede empeorar la percepción de su calidad; por ello el olor, es un indicador útil para valorar la calidad del aire interior.⁸

3.6 Causas que afectan la calidad del aire.

3.6.1 Mala calidad del aire interior.

La importancia del aire que respiramos es innegable. Podemos sobrevivir más de cuarenta días sin ingerir alimentos sólidos; unos pocos días sin líquidos, pero apenas unos minutos sin respirar. Según estudios en las viviendas, difícilmente se puede realizar un estudio exhaustivo de todos los parámetros y componentes descritos, pero sí establecer los niveles de tolerancia o peligrosidad más frecuentes en cuanto a sustancias tóxicas en suspensión, presencia del dañino gas radón, grado de humedad óptimo, así como evitar la presencia del ozono, que se ha comprobado que es uno de los reactivos capaces de convertir algunas sustancias químicas, como el anhídrido sulfúrico (SO_2) en corrosivo ácido sulfúrico.⁷

Un ambiente cerrado, sin intercambios con el exterior, pronto se volverá peligroso por la carencia de algunos compuestos y el exceso de otros. Si se tiene en cuenta que la mayor parte de la población urbana pasa entre 80 y 90 % del tiempo en ambientes cerrados, se debe preocupar seriamente de la calidad del aire que respiramos en el interior de los edificios. Los intercambios y la renovación del aire interior deben ser constantes, evidentemente, en las zonas de gran contaminación atmosférica y en las grandes ciudades, esto resulta complejo, pues el aire exterior deja mucho que desear.⁸

3.6.2 Deficiencias en la ventilación.

La ventilación aporta aire y debe de ser suficiente para diluir los contaminantes hasta niveles inferiores a la percepción humana y a los considerados perjudiciales para la salud. La ventilación en un ambiente cerrado puede ser inadecuada por un volumen insuficiente de aire, un alto nivel de recirculación, una ubicación incorrecta de los puntos de ventilación, una distribución deficiente que deja zonas no ventiladas y una falta de mantenimiento o diseño incorrecto de los sistemas de filtrado.⁸

En un estudio realizado en Estados Unidos que analizaba 97 edificios se observó que el deficiente mantenimiento de los sistemas de acondicionamiento del aire se asociaba al aumento de los síntomas respiratorios, oculares y cutáneos entre los ocupantes. En países en vías de desarrollo es muy habitual el empleo de biomasa (BMS) como combustible para cocinar o calentar la vivienda, unido a una deficiente ventilación de los espacios donde se realiza la combustión. Varios autores han encontrado una clara relación entre los distintos sistemas de ventilación (natural, aire acondicionado o mixto) y la calidad del aire en el interior.⁸

3.6.3 Contaminación exterior.

Desde el exterior se produce la entrada en los espacios interiores de contaminantes exteriores: CO, hidrocarburos, partículas y óxidos de nitrógeno procedentes fundamentalmente de la combustión de vehículos de motor, y óxidos de azufre (SO₂) y COV generados en centrales energéticas y otros procesos industriales. También el ozono del exterior formado como contaminante secundario y el aire en el interior contaminado que sale al exterior pueden penetrar nuevamente a través de los sistemas de aire acondicionado y ventilación. Otros contaminantes se filtran a través de los cimientos del edificio (vapores de gasolinas, emanaciones de cloacas y radón). Se ha demostrado que cuando aumenta la concentración de un contaminante en el exterior, también aumenta en el interior, aunque más lentamente.⁹

3.7 Contaminación ambiental por Material Particulado en bibliotecas.

Siendo las bibliotecas un lugar cuya finalidad es la adquisición, conservación, estudio y exposición de libros. Los soportes de naturaleza orgánica o sintética se deterioran con el tiempo, pero este proceso se acelera por el efecto de agentes físicos posiblemente por la luz, temperatura, humedad relativa y químicos; correspondiendo a una contaminación atmosférica y biológica por microorganismos e insectos, como es conocido, los hongos son potentes agentes deteriorantes de los documentos y pueden llegar a ellos a través del aire presente en el polvo (material particulado).

La contaminación por MP en bibliotecas no solo presenta un peligro para la población sino también para el patrimonio documental que resguarda los archivos. Los valores de un ambiente nocivo para los documentos están por debajo de los que se considera perjudicial para la salud de las personas. La contaminación por polvo produce alteraciones y daños que pueden ser irreversibles o no, en los documentos. Provocan la hidrólisis ácida de la celulosa, ocasionan manchas, escurrimientos de las tintas, la pérdida de la resistencia del papel y la decoloración de los pigmentos.⁶

3.8 Síndrome del edificio enfermo.

Se denominó síndrome del edificio enfermo por la Organización Mundial de la Salud en los años 80, como un conjunto de síntomas de etiología poco clara que presentan los individuos ocupantes de ciertos edificios (especialmente en oficinas y ambientes cerrados) y que desaparecen o mejoran dentro de las horas siguientes a la salida del edificio problema.

Existen tres factores de los cuales se debe cumplir al menos uno de ellos para considerar a un edificio con este síndrome. La ventilación inadecuada, contaminantes químicos por fuentes interiores y los contaminantes biológicos son las potenciales causas de los efectos relacionados a la salud. En cuanto a los contaminantes biológicos, la EPA manifiesta que las bacterias, hongos, virus y todo microorganismo tiene el potencial de provocar enfermedades a los ocupantes del edificio.

La sintomatología en lo que corresponde a las afecciones respiratorias, son las más comunes de este síndrome, debido a la calidad del aire interior. La sintomatología ligada a este síndrome se puede agrupar de la siguiente forma:

- Síntomas irritativos oculares: lagrimeo, escozor, enrojecimiento.
- VRS: hiperemia e irritación de la mucosa respiratoria con congestión nasal, inflamación de garganta, afonía, hemorragia nasal, dolor de garganta, ronquera, sed.
- Pulmonares: opresión torácica, tos seca, sensación de ahogo; con menos frecuencia los trastornos respiratorios más o menos graves como asma y neumonitis.
- Cutáneos: enrojecimiento, resequedad de la piel, prurito general o localizado.
- Síntomas inespecíficos: cefalea, náuseas, mareos, dificultad de concentración, irritabilidad, somnolencia, letargo.

El diagnóstico en el síndrome del edificio enfermo, debe ser la relación entre el inicio de los síntomas y la prevalencia de los mismos posterior al inicio del trabajo en dicho edificio y la mejoría de las patologías al dejar de laborar en estas edificaciones en periodos cortos o largos.⁶

3.9 Directrices de la OMS sobre la calidad del aire.

En el año 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó sus guías actualizadas sobre la calidad del aire. Se trata de una actualización de las Guías de la OMS sobre la calidad del aire de 2005, que ofrecían una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como, de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. Desde la última publicación de las guías de la OMS en 2005, se habían publicado diversos estudios científicos que destacaban la urgente necesidad de actualizarlas de manera que protegieran efectivamente la salud pública, en la siguiente tabla especifica los efectos sanitarios que llevaron a la actualización de la guía.⁷

Las guías actualizadas son más restrictivas que las de 2005. En la tabla N°1, se compara los valores de 2021 con los de 2005.

Tabla N°1. Niveles recomendados en las Guías de Calidad de Aire GCA 2021 en comparación con los de la GCA 2005. ⁷

Contaminante	Tiempo de promediación	GCA 2005	GCA 2021
MP 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anual	10	5
	24 horas	25	15
MP 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anual	20	15
	24 horas	50	45
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temporada alta	-	60
	8 horas	100	100
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anual	40	10
	24 horas	-	25
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	20	40
CO (mg/m^3)	24 horas	-	4

3.10 Estándares de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Para la Agencia de Protección Ambiental (EPA) el MP contiene sólidos microscópicos o gotitas de líquido que son tan pequeñas que pueden inhalarse y causar serios problemas de salud. Algunas partículas de menos de 10 micrómetros de diámetro pueden penetrar profundamente en los pulmones y algunas incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. De estas, las partículas de menos de 2.5 micrómetros de diámetro, también conocidas como partículas finas o MP2.5 representan el mayor riesgo para la salud.⁴

Tabla N° 2 Estándares de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para Material Particulado.⁴

Contaminante	Primario / secundario	Tiempo promedio	Nivel	Formulario
Monóxido de carbono (CO)	Primario	8 horas	9 ppm	No exceder más de una vez al año.
		1 hora	35 ppm	
Ozono (O ₃)	Primaria y secundaria	8 horas	0.070 ppm (3)	La cuarta concentración máxima diaria más alta anual de 8 horas, promediada durante 3 años.
Contaminación por partículas (MP)	Primario MP 2.5	1 año	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual, promediada durante 3 años.

	Secundario	1 año	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media anual, promediada durante 3 años.
	Primaria y secundaria	24 horas	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 98, promediado durante 3 años.
	primaria y secundaria MP 10	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	No debe excederse más de una vez al año en promedio durante 3 años.

3.11 Calidad del aire según la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA).

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) utiliza varios métodos diferentes para controlar la calidad del aire interior. La OSHA investiga la calidad del aire identificando las fuentes de contaminantes, evaluando los sistemas de HVAC (Calefacción, aire acondicionado, ventilación), midiendo la exposición de los empleados a los contaminantes, así como, regulando las prácticas del lugar de trabajo. OSHA también es responsable de responder a las quejas sobre la calidad del aire mediante la realización de exámenes físicos y entrevistas a los empleados. La investigación de las quejas es un método primario para controlar el estándar de calidad del aire en el lugar de trabajo.¹⁰

Tabla N° 3. Límite permisible para el MP respirable según la OSHA.¹⁰

Contaminante	Concentración	Período
MP2.5	5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 horas
MP10	5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 horas

3.12 Norma Salvadoreña de La Calidad del Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas NSO 13.11.01:01.

El objetivo de esta norma es establecer los límites de inmisiones de los principales contaminantes del aire, que garantizan una calidad del aire ambiental aceptable para la salud y la vida humana en particular y para la vida silvestre en general.¹¹

Tabla N° 4. Norma de Calidad de aire ambiente (inmisiones).¹¹

Contaminante	Símbolo	Unidad	Límite de inmisión	Periodo de medición
Monóxido de Carbono	CO	(µg/m ³)	10 000	8 horas
			40 000	1 hora
Ozono	O ₃	(µg/m ³)	235	1 hora
			120	8 horas
			60	Anual
Partículas inhalables	MP 10	(µg/m ³)	50	Anual
			150	24 horas
	MP 2.5	(µg/m ³)	15	Anual
			65	24 horas
Partículas totales suspendidas	PTS	(µg/m ³)	75	Anual
			260	24 oras

3.13 Monitoreo de Material Particulado en El Salvador.

La entidad encargada de realizar las mediciones de MP en El Salvador es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Con base al marco legal vigente en El Salvador sobre la protección a la atmósfera, la cual se encuentra detallada en la Ley del Medio Ambiente en su Capítulo III Artículo 47, en donde entre otros criterios se establece: “Prevenir, disminuir o eliminar gradualmente las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente”.

Las enfermedades agudas respiratorias son una de las cinco principales causas de enfermedad en El Salvador y en ello incide la contaminación del aire, a diferencia de las partículas mayores de 10 micrómetros que son filtradas por la nariz y la garganta, las partículas menores a ese tamaño penetran hasta las partes más profundas de los pulmones provocando serios problemas de salud. Es por ello que el MARN se ha enfocado a realizar un monitoreo diario de partículas de 2.5 micrómetros de diámetro (MP2.5), a través de estaciones automáticas ubicadas en el Centro de Gobierno y en la Universidad Don Bosco, que brindan periódicamente la información para su análisis.¹²

Según marco legal salvadoreño en El Salvador, actualmente se encuentra vigente la Norma de Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01) la cual fue emitida por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) en coordinación con el MARN.

3.14 Comparación de concentración entre las normativas vigentes.

En la Tabla N°5 se expresa la comparación entre las normativas vigentes para los estándares de concentración de MP.

Tabla N° 5. Cuadro comparativo entre las Normativas Vigentes para Material Particulado.

Normativas MP y Tiempo.	OMS	OSHA	EPA	NSO 13.11.01:1
MP2.5 (24 horas)	15 µg/m ³	5,000 µg /m ³	Primario 35 µg/m ³	65 µg/m ³
			Secundario 35 µg/m ³	
MP2.5 (anualmente)	5 µg/m ³		Primario 15 µg/m ³	15 µg/m ³
			Secundario 15 µg/m ³	
MP10 (24 horas)	45 µg/m ³	5,000 µg /m ³	150 µg/m ³	150 µg/m ³
MP10 (anualmente)	15 µg/m ³		-	50 µg/m ³

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio.

En esta investigación se realizó un estudio del tipo transversal, de campo y bibliográfico, como se detalla a continuación:

4.1.1 Estudio Transversal

El estudio elaborado es transversal debido a que solo se realizó una medición del MP por un método de lectura directa en el período comprendido de septiembre a octubre de 2022, en las siete Bibliotecas y cinco Oficinas administrativas de la Universidad de El Salvador, sede central.

4.1.2 Estudio de campo

El estudio elaborado es de campo, debido, a que se realizó una visita a cada una de las siete Bibliotecas y cinco Oficinas administrativas, además, se realizaron las mediciones de las áreas, se establecieron puntos de muestreo y se procedió realizar la medición del MP.

La toma de muestra de la calidad del aire interior se realizó en puntos específicos de las instalaciones de la Biblioteca Central, Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Administración académica de la Facultad de Química y Farmacia, Administración académica de la Facultad de Medicina, Administración académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas,, Administración académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.

4.1.3 Investigación Bibliográfica

Para la obtención de la información teórica de esta investigación se indagó en las siguientes bibliotecas y páginas Web:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.
- Google Académico.
- Página Oficial de la Organización Mundial para la Salud (OMS).
- Página Oficial de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) por sus siglas en inglés.
- Página Oficial del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Página Oficial de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) por sus siglas en inglés.

4.2 Investigación de campo

4.2.1 Universo

El universo de esta investigación fueron las Bibliotecas y Oficinas administrativas de la Universidad de El Salvador, sede central y los puntos de muestreo de cada una de ellas.

4.2.2 Muestra

La muestra de esta investigación fueron aquellos que dieron una respuesta afirmativa a la solicitud de participación en el estudio, siendo estas las seleccionadas como muestra para la investigación, las siguientes: Biblioteca Central, Biblioteca de la Facultad Química y Farmacia, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad Ingeniería y Arquitectura, Biblioteca de la Facultad Ciencias Económicas, Biblioteca de la Facultad Ciencias Naturales y Matemática, Administración académica de la Facultad de Química y Farmacia, Administración académica de la Facultad de Medicina, Administración académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Administración

académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Secretaría de Asuntos Académicos; excepto aquellas facultades que no dieron respuesta a la solicitud enviada: Biblioteca de la Facultad de Odontología, Biblioteca de la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Biblioteca de la Facultad de Ciencias y Humanidades, y Administración Académica de Odontología.

El tipo de muestreo fue sistemático (probabilístico), ya que, se tomaron muestras de MP2.5 y MP10 de las áreas elegidas, estableciendo puntos de muestreos de 1.5 metros de altura y 2 metros de distancia, los datos obtenidos se cuantificaron y compararon con la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01. Calidad de Aire Ambiental Inmisiones Atmosféricas.

4.2.3 Métodos e instrumentos de recolección de datos.

La recolección de datos de esta investigación se realizó en 2 etapas, en la primera se realizaron mediciones de las concentraciones del MP2.5 y MP10 en Bibliotecas y Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador, sede central, se utilizó como instrumento de medición un monitor portátil de calidad de aire llamado BIAOLING, el cual, es un detector portátil que posee un método de lectura directa. Incluyendo estos datos en el recolector de datos. En la segunda etapa del estudio se recolectaron los datos del personal que labora en los lugares donde se realizaron las mediciones, a través, de una encuesta que se enfocó en conocer datos generales y la identificación de algunas patologías relacionadas con la exposición a material particulado, en la población que se estudió.

4.2.4 Identificación de fuentes de producción de MP2.5 y MP10.

Se realizó mediante la observación de las áreas de investigación, al momento de realizar las mediciones de las longitudes de las áreas, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Estantes con libros.
- Objetos acumulados.
- Estantes con expedientes y ampos.
- Archiveros.

- Estantes con tesis.

4.3 Parte experimental.

4.3.1 Proceso para la toma de muestra de Material Particulado (MP 2.5 y MP 10) en las Bibliotecas y Oficinas Administrativas.

Parte 1: Identificación de puntos de muestreo.

- 1- Se midió la longitud de las áreas de investigación donde se realizaron las mediciones de MP2.5 y MP10.
- 2- Se elaboraron croquis de las áreas de investigación donde se realizaron las mediciones de MP2.5 y MP10.
- 3- Se reconocieron las diferentes fuentes de producción de MP (puntos críticos) para su cuantificación.
- 4- Se establecieron puntos de muestreo para las mediciones de MP2.5 y MP10 en las áreas de investigación, manteniendo las especificaciones de 1.5 metros de altura y 2 metros de distancia.

Parte 2

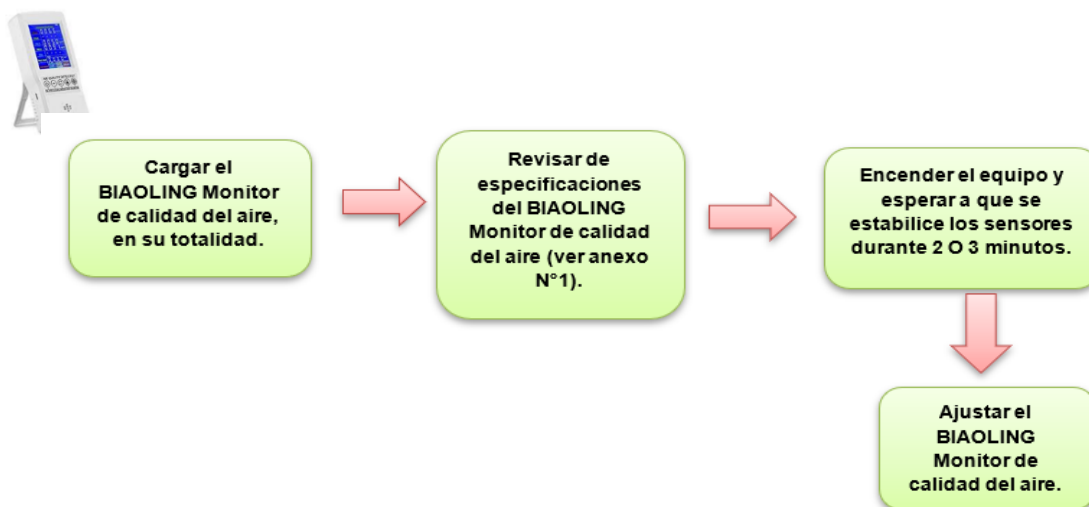


Figura N° 1 Manejo del equipo de medición.

Fuente: elaboración propia

Parte 3

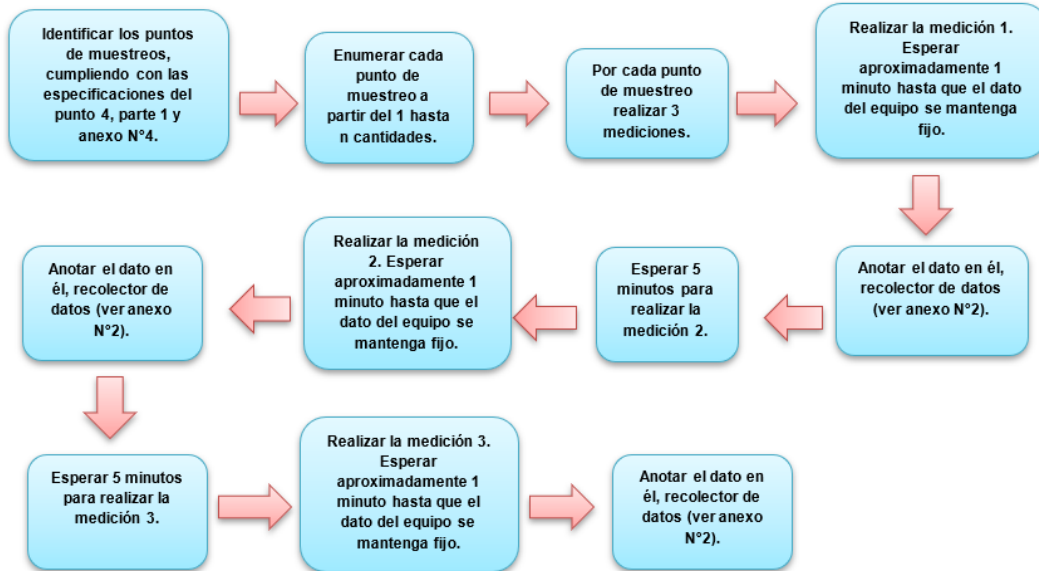


Figura N°2 Obtención de datos

Fuente: elaboración propia

Parte 4

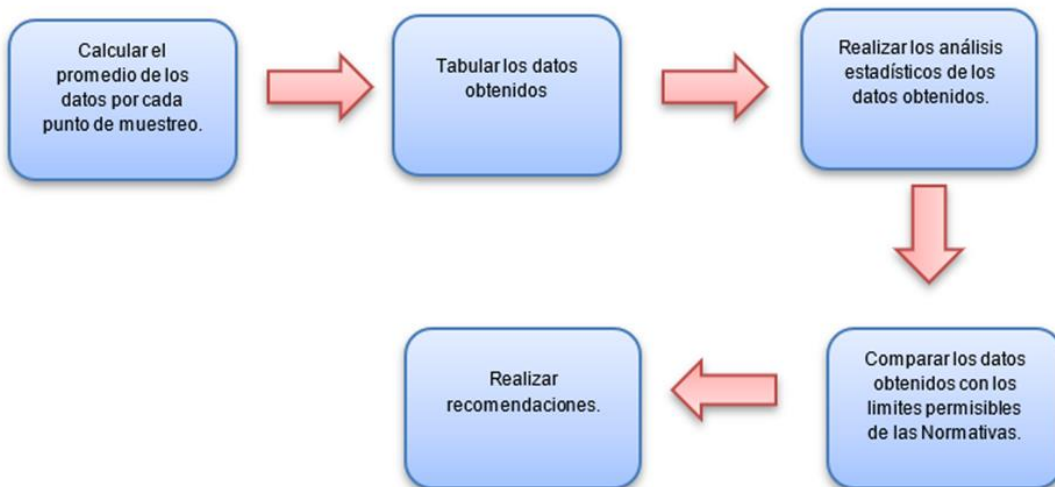


Figura N°3 Tabulación de datos obtenidos y comparación con la normativa

Fuente: elaboración propia

4.4 Estrategia de muestreo:

La estrategia de muestreo consistió en realizar las mediciones de concentración de MP2.5 y MP10 en los diferentes puntos de muestreo identificados dentro de las áreas de las Bibliotecas y Oficinas Administrativas, teniendo en consideración las especificaciones: La adecuada utilización del equipo que se detalla en la parte 2. Posteriormente, la numeración de cada punto de muestreo; la toma de 3 mediciones por punto de muestreo (1.5 metros de altura y 2 metros de distancia) situando el equipo en el punto de muestreo para la toma de la medición 1, esperando aproximadamente 1 minuto hasta que el dato sea fijo, se anotó el dato en recolector de dato, luego se esperó 5 minutos para tomar la medición 2. Continuando con los mismos pasos para la toma de la medición 3.

4.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó en el software estadístico GraphPad prism versión 8.0, realizando un análisis descriptivo donde se reportó la media con sus respectivas desviaciones estándar de los niveles de MP2.5 y MP10 obtenidos, así mismo, se realizaron los gráficos de barra de las Bibliotecas y Oficinas Administrativas de los valores promedios de MP2.5 y MP10 con la referencia utilizada la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01. También, se calculó la normalidad de los datos, se realizó un análisis de ANOVA de una vía con los valores promedios de cada una de las Bibliotecas y Oficinas Administrativas, tanto para MP2.5 y MP10. Posteriormente, se aplicó la prueba de Post Hoc Bonferroni para verificar los grupos que presentan diferencias significativas entre la referencia a un nivel de confianza del 95%.

CAPÍTULO V

5.0 RESULTADOS

5.1 Información de Encuesta

Se realizó una encuesta al personal que labora en 7 Bibliotecas y 5 Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador las cuales fueron: Biblioteca Central, Biblioteca de la Facultad Química y Farmacia, Biblioteca de la Facultad de Medicina, Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Biblioteca de la Facultad Ingeniería y Arquitectura, Biblioteca de la Facultad Ciencias Económicas, Biblioteca de la Facultad Ciencias Naturales y Matemática, Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia, Administración Académica de la Facultad de Medicina, Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, y Secretaría de Asuntos Académicos, obteniendo un total de 42 personas encuestadas; la información más relevante de esta encuesta se presenta en la tabla N°6 :

Tabla N°6 Resumen de los datos obtenidos en encuesta

Pregunta	Categorías	Porcentaje (%)
Edad	20 a 30 años	7.10%
	31 a 40 años	16.70%
	41 a 50 años	45.20%
	mayor de 50 años	31.00%
Sexo	Masculino	35.70%
	Femenino	64.30%
Facultad en la que trabajan	Medicina	9.50%
	CN y Matemática	14.30%
	Agronomía	9.50%
	Oficinas Centrales	45.20 %
	Economía	4.80%
	Ingeniería y Arquitectura	4.80%
Área en la que laboran	Química y Farmacia	11.90%
	Administrativa	66.70%
	Bibliotecas	33.30%

Tabla N°6 (Continuación) Resumen de los datos obtenidos en encuesta

Frecuencia en la que salen del área de trabajo	Poco	83.30%
	Frecuentemente	11.90%
	Muy seguido	2.40%
	Siempre	2.40%
Padece algún problema respiratorio	SI	26.20%
	NO	73.80%
Problemas respiratorios que padece	Tos seca	16.70%
	Rinitis	33.30%
	Bronquitis	11.10%
	Ardor de garganta	11.10%
	Asma	11.10%
	Irritación de nariz	16.70%
Padece algún problema en la piel	SI	14.30%
	NO	85.70%
Problemas de la piel que padece	Alergia	66.70%
	Dermatitis/Ardor, picazón, comezón	33.30%
En qué momento del día siente que estos problemas aumentan su intensidad	Durante las horas laborales	58.80%
	Durante la noche	41.20%
Siente algún tipo de mejoría de su problema cuando no está en el trabajo	SI	86.70%
	NO	13.30%
Padece alguna enfermedad cardiovascular, como Hipertensión, problemas Cardiacos, Arritmias, entre otras.	SI	26.20%
	NO	71.40%
	Sin respuesta	2.40%
Hace cuánto tiempo padece el problema respiratorio o problemas cardiovascular	Menor o igual a 5 años	50%
	Menor o igual a 10 años	31.30%
	Menor o igual a 15 años	12.50%
	Menor o igual a 20 años	6.30%
Qué tipo de medicamentos consume para el problema respiratorio o problema cardiovascular	Antialérgicos	21.10%
	Antihipertensivos	42.10%
	Antibióticos	5.30%
	Esteroides	10.50%
	Naturales	5.30%
	Ninguno	15.80%

Tabla N°6 (Continuación) Resumen de los datos obtenidos en encuesta

Cada cuanto tiempo asiste al médico por este problema.	1 vez al mes	3
	2 veces al mes	2
	3 veces al mes	1
	4 veces al mes	3
	6 veces al mes	4
	12 veces al mes	1
Padecía de la enfermedad antes de iniciar a trabajar en la Universidad de El Salvador o el problema se le ha presentado en el transcurso de tiempo laborado	Antes	15.80%
	Transcurso de tiempo	84.20%
Consume cigarrillos	SI	4.80%
	NO	95.20%
¿Poseen aire acondicionado dentro de las instalaciones de trabajo?	SI	61.90%
	NO	38.10%
¿Qué tan frecuente le dan mantenimiento al aire acondicionado?	Poco	84.60%
	Frecuentemente	7.70%
	Muy seguido	3.8%
	Siempre	3.8%
¿Mencione que otro tipo de ventilación existe dentro de las instalaciones de trabajo?	Ventanas	43.6%
	Puertas	5.2%
	Ventiladores	51.2%
¿Utiliza equipo de protección para realizar su trabajo?	SI	23.80%
	NO	76.20%
Mencione el equipo que utiliza.	Mascarillas	58.3%
	Alcohol gel	25%
	Guantes	16.70%
Al finalizar su jornada laboral en la Universidad de El Salvador realiza algún oficio o trabajo de las siguientes denominaciones.	Empastados de libros y periódicos	1
	Apicultura	1

Fuente: Elaboración propia

5.2 Croquis de las Bibliotecas y Oficinas Administrativas de la Universidad de El Salvador

Para dar cumplimiento al segundo objetivo se establecieron puntos de muestreo donde se identificaron las áreas con mayor presencia de material particulado, por ejemplo: estantes con libros, expedientes, tesis, ampos, objetos acumulados y archiveros, para lo cual se realizaron croquis. Los números encerrados en círculos corresponden a los puntos de muestreo.

5.2.1 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Química y Farmacia

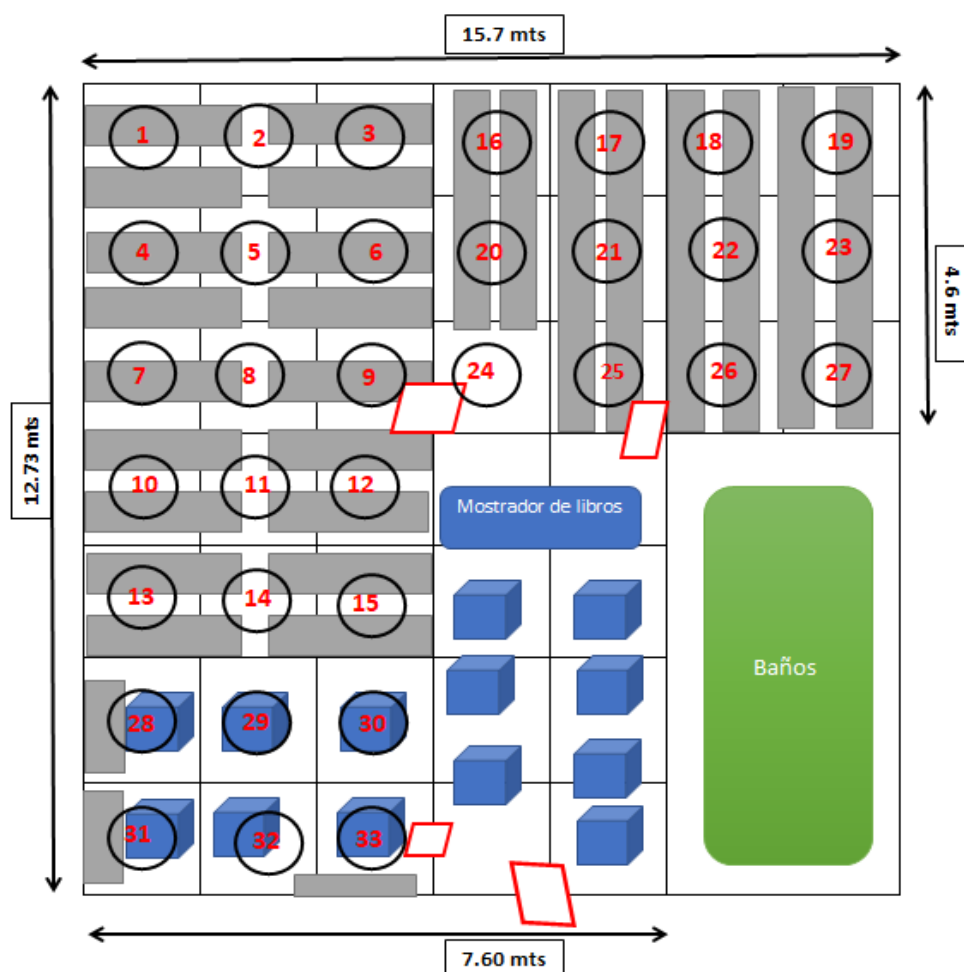


Figura N°4. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia.

Fuente: Elaboración propia.

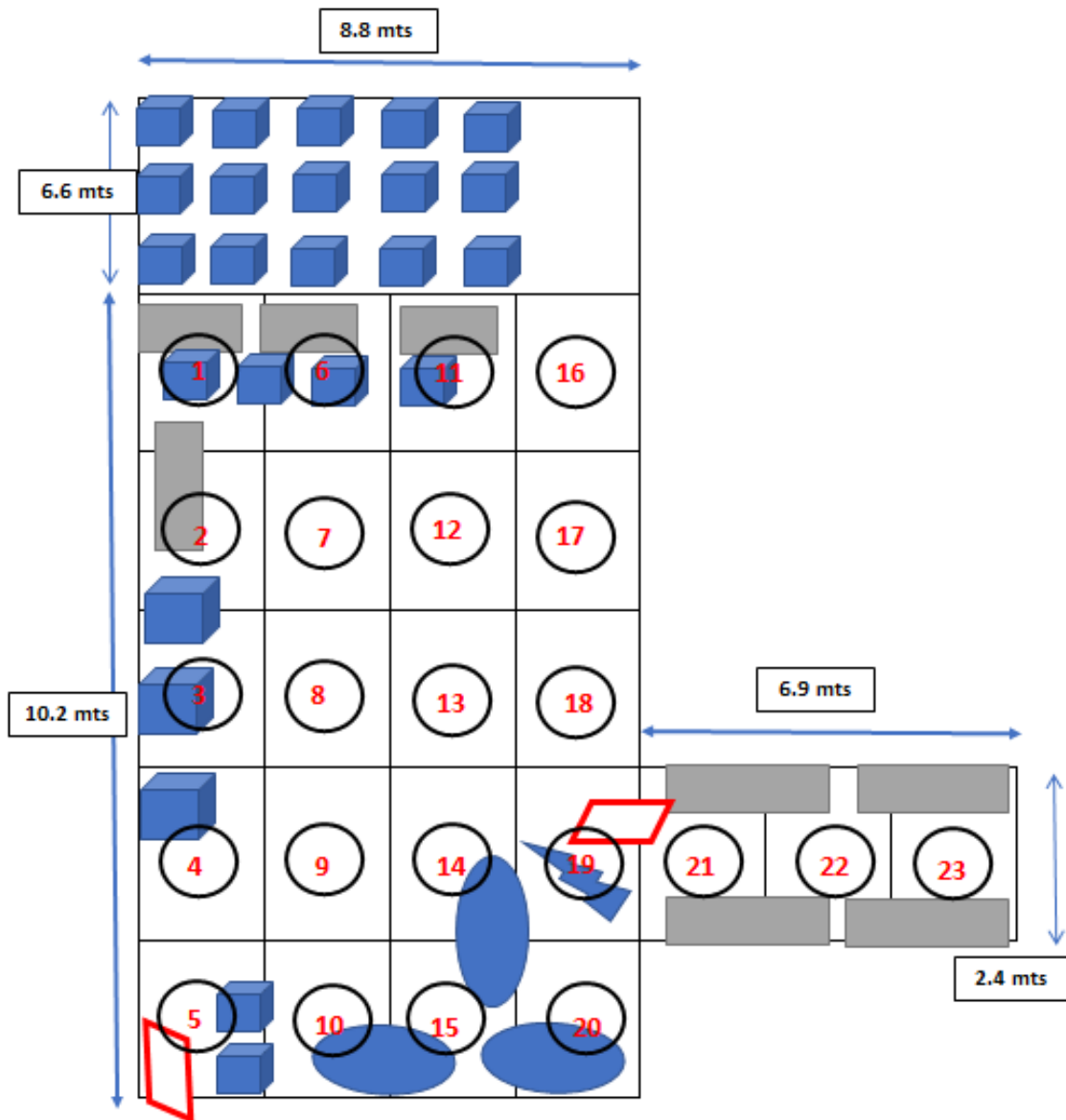


Figura N°5. Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

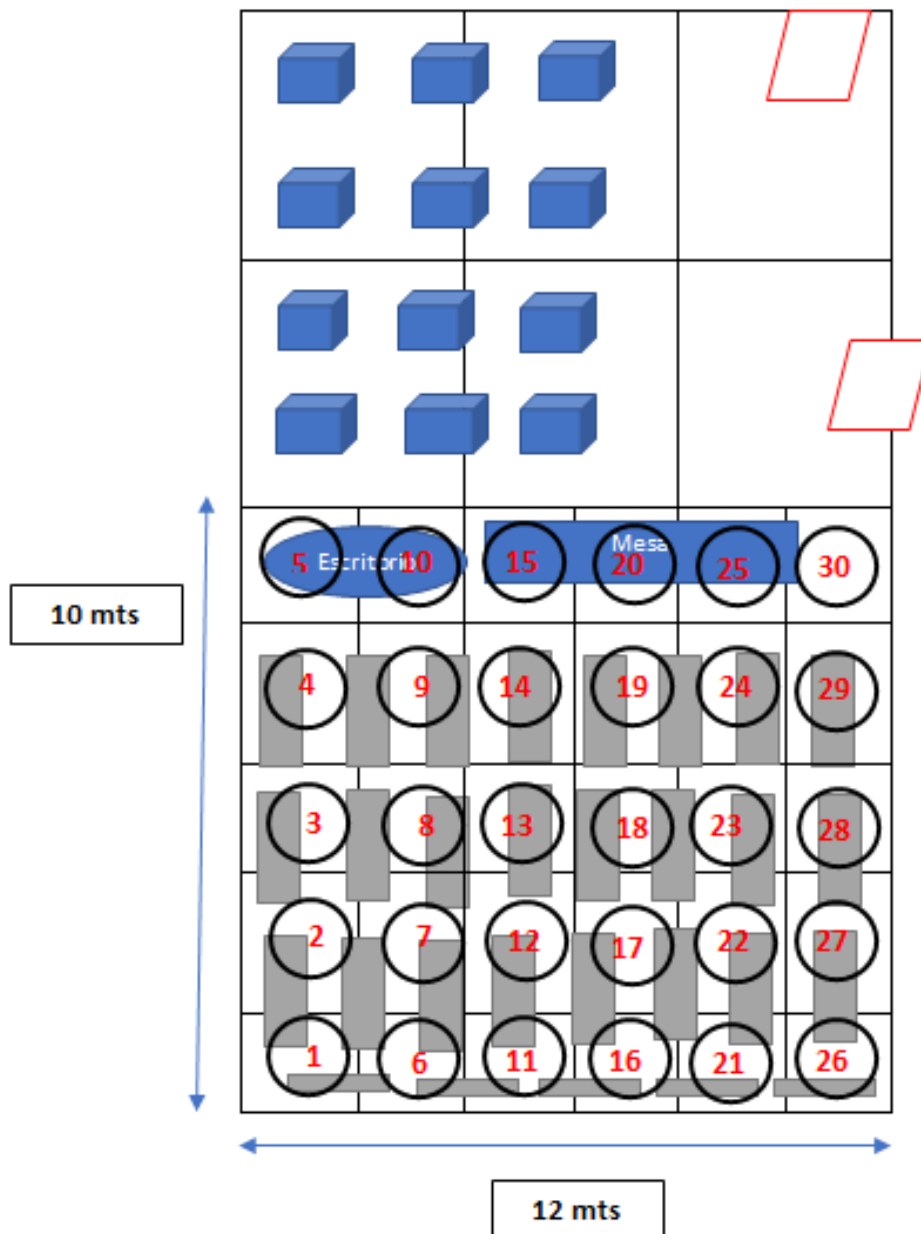


Figura N°6 : Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Agronómicas

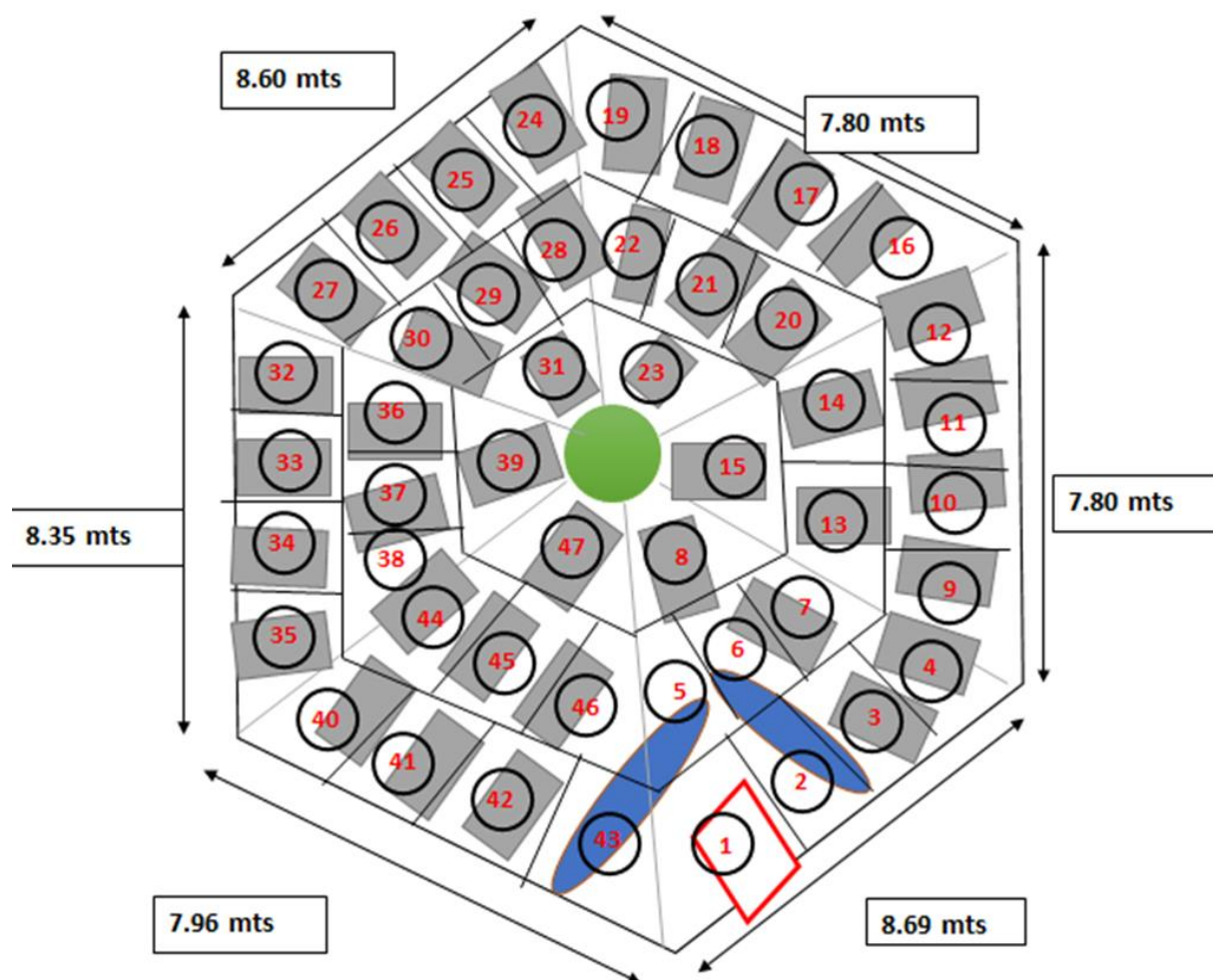


Figura N°7. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Fuente: Elaboración propia

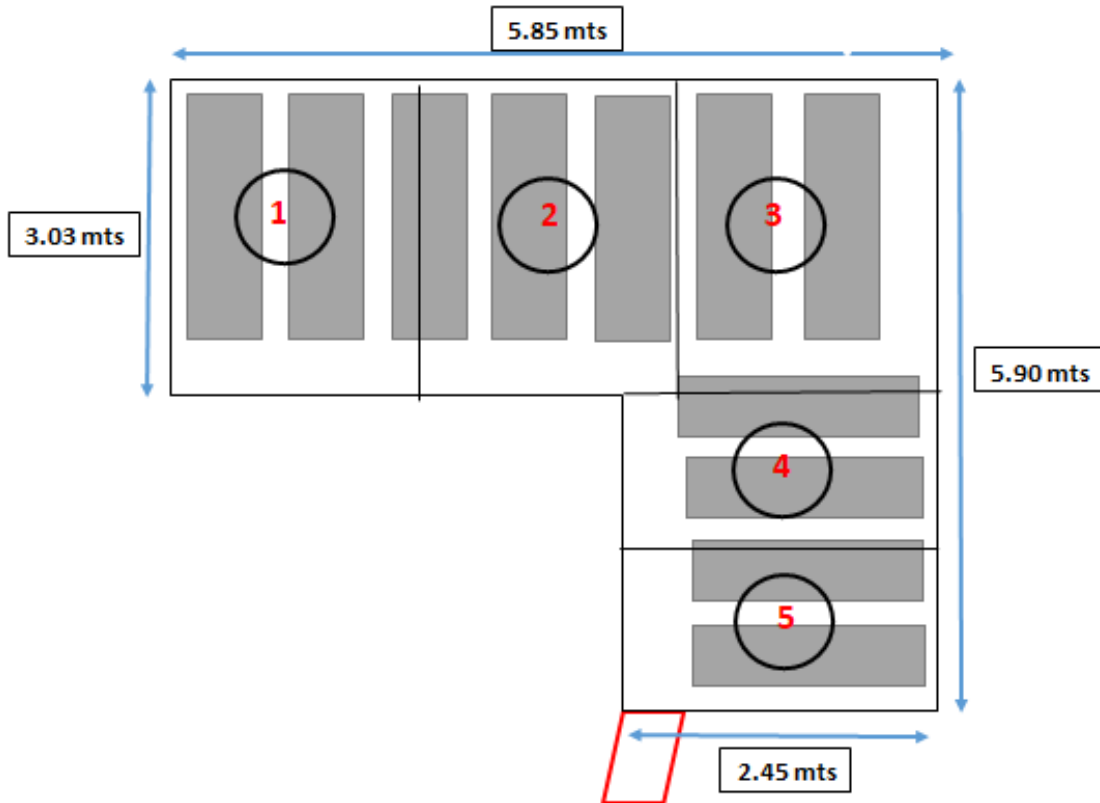


Figura N°8. Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas
Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Económicas

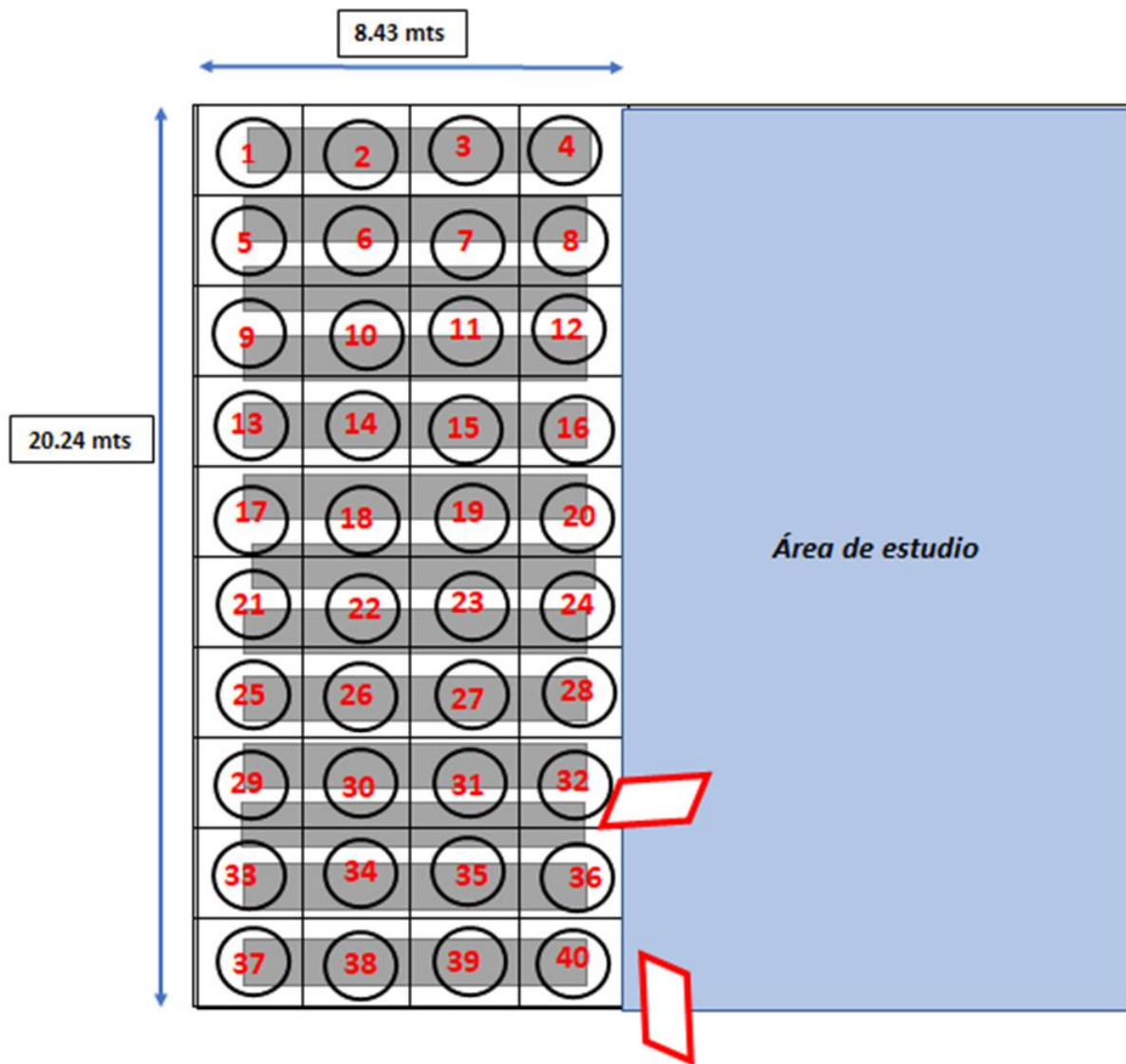


Figura N°9. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

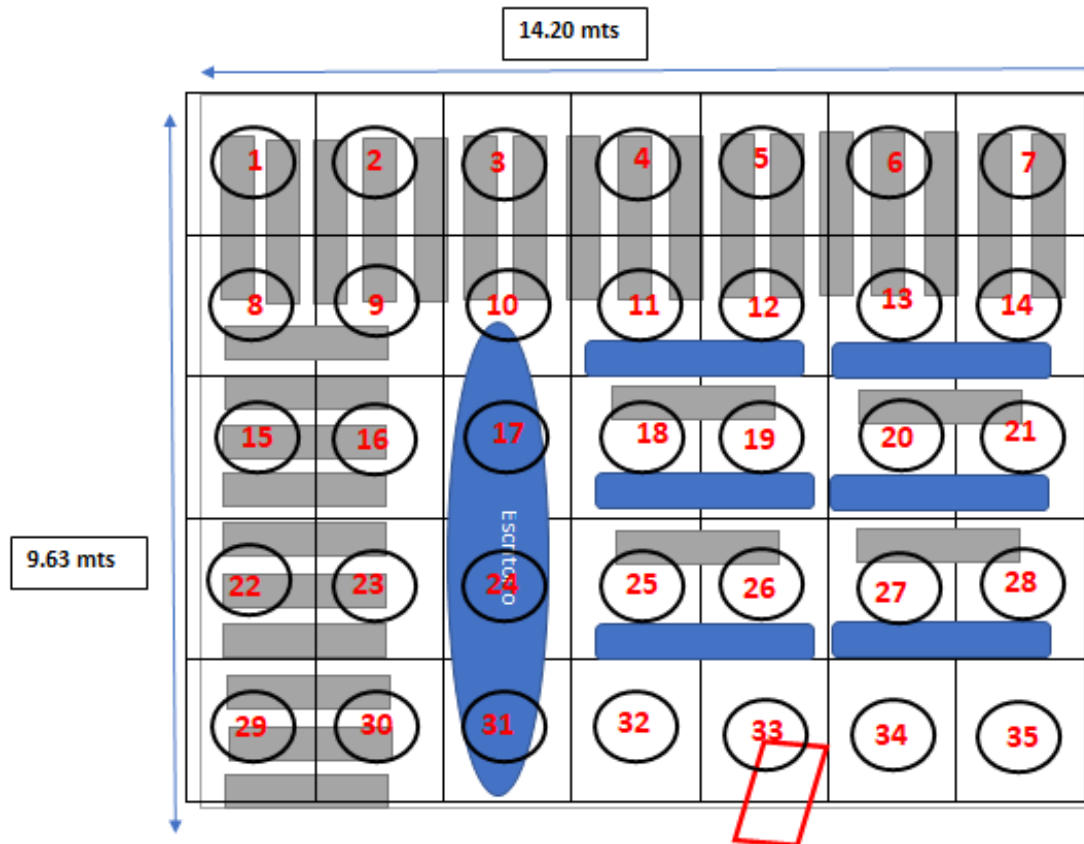


Figura N°10. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Fuente: Elaboración propia.

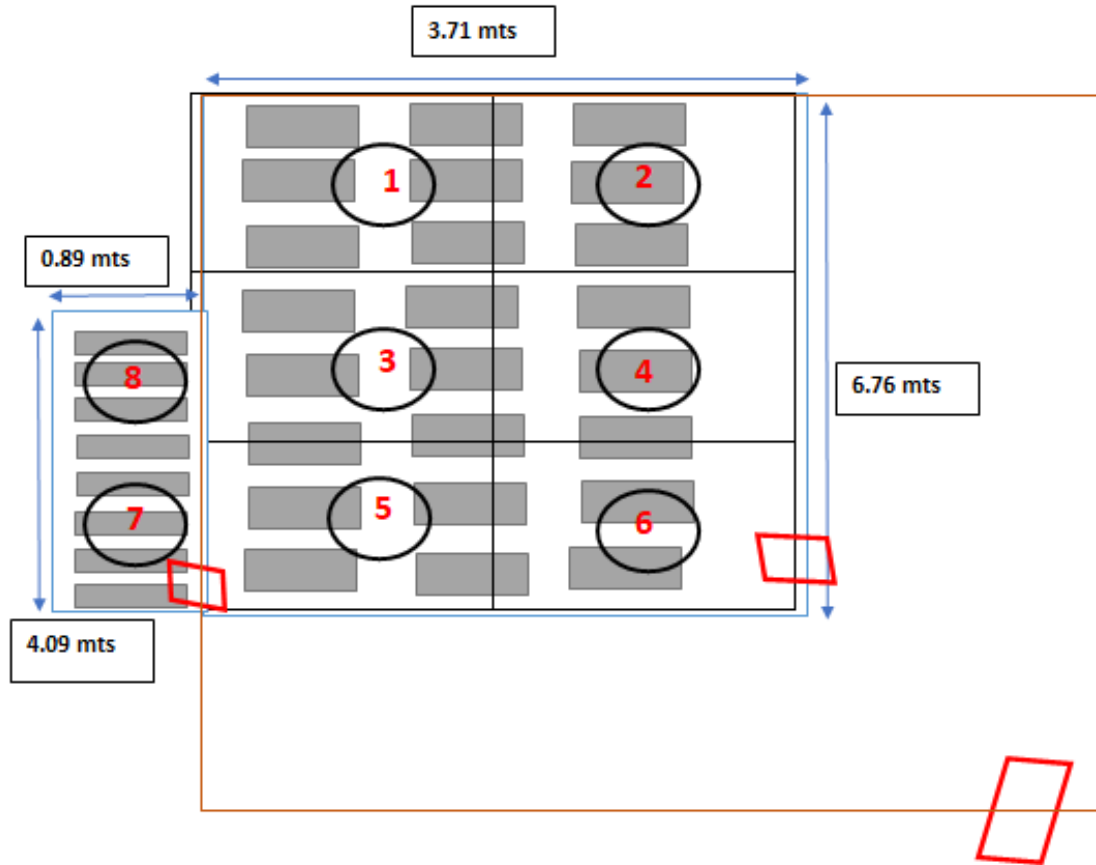


Figura N°11. Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Fuente: Elaboración propia.

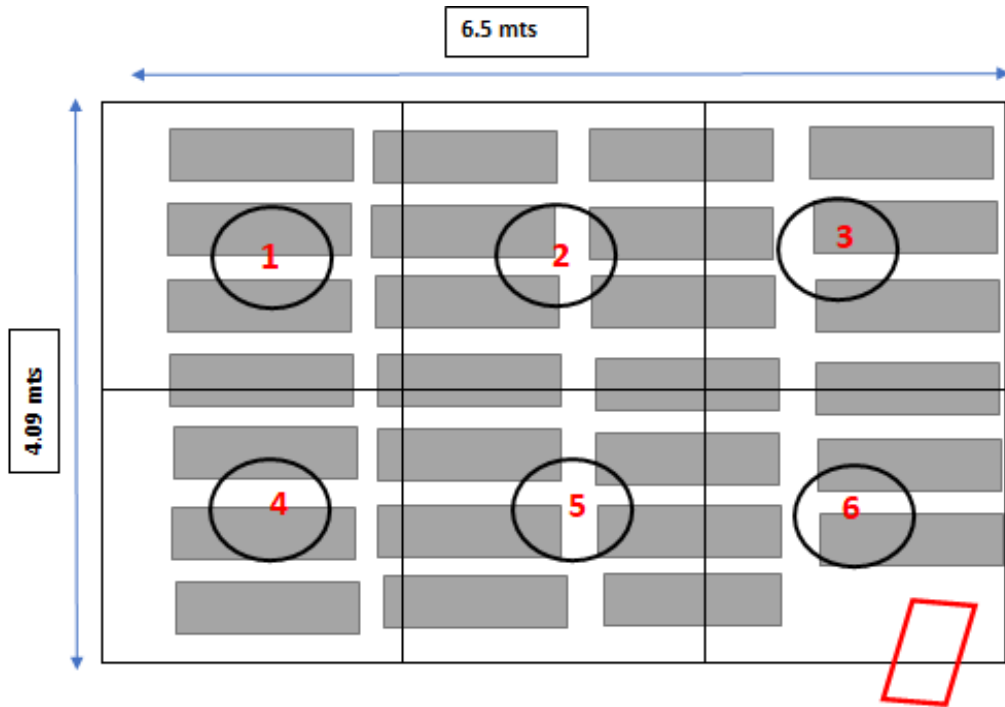


Figura N°12. Croquis de área de Expedientes de Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Representación de los puntos muestreados en la Facultad de Medicina

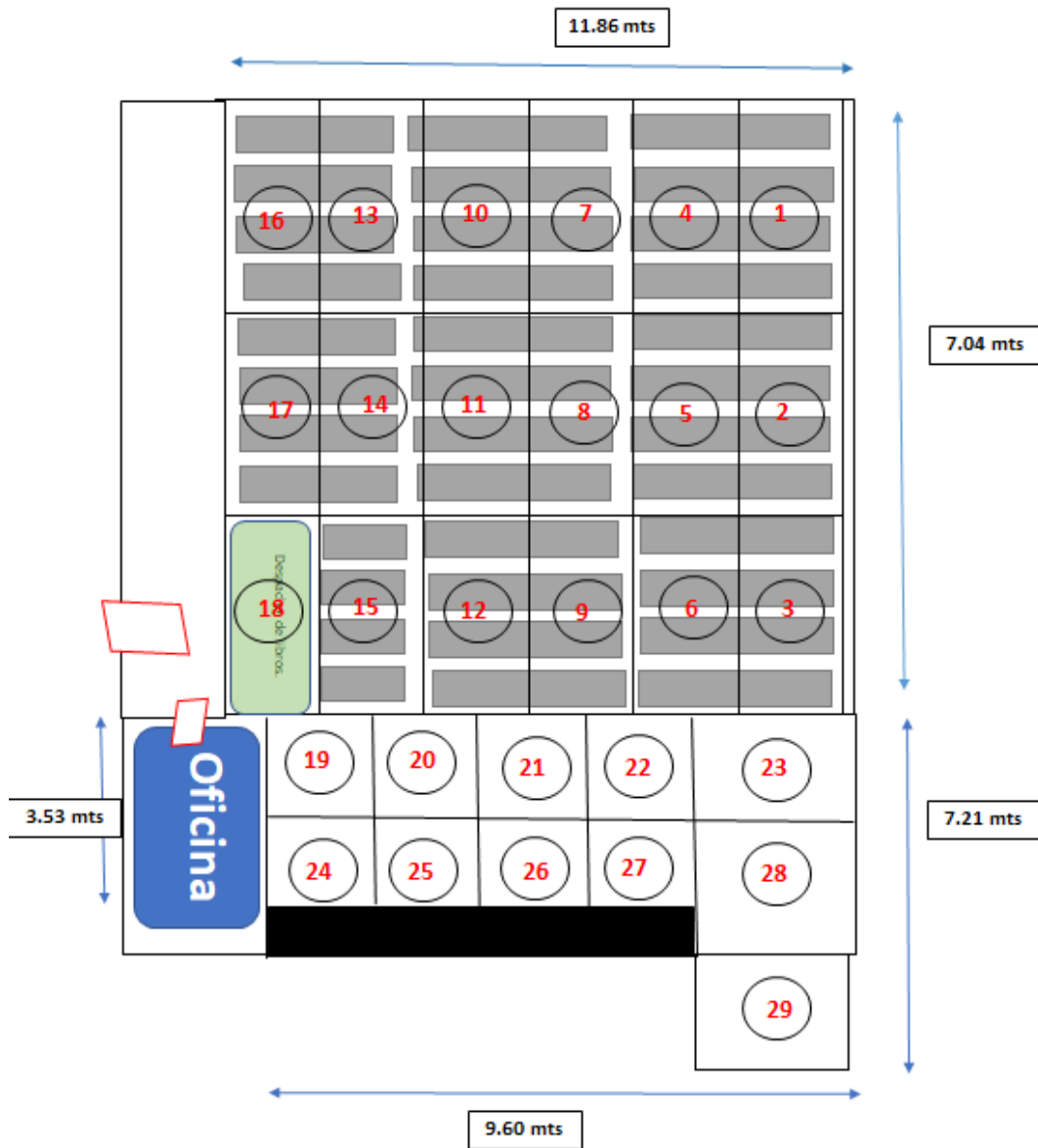


Figura N°13. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Medicina.

Fuente: Elaboración propia.

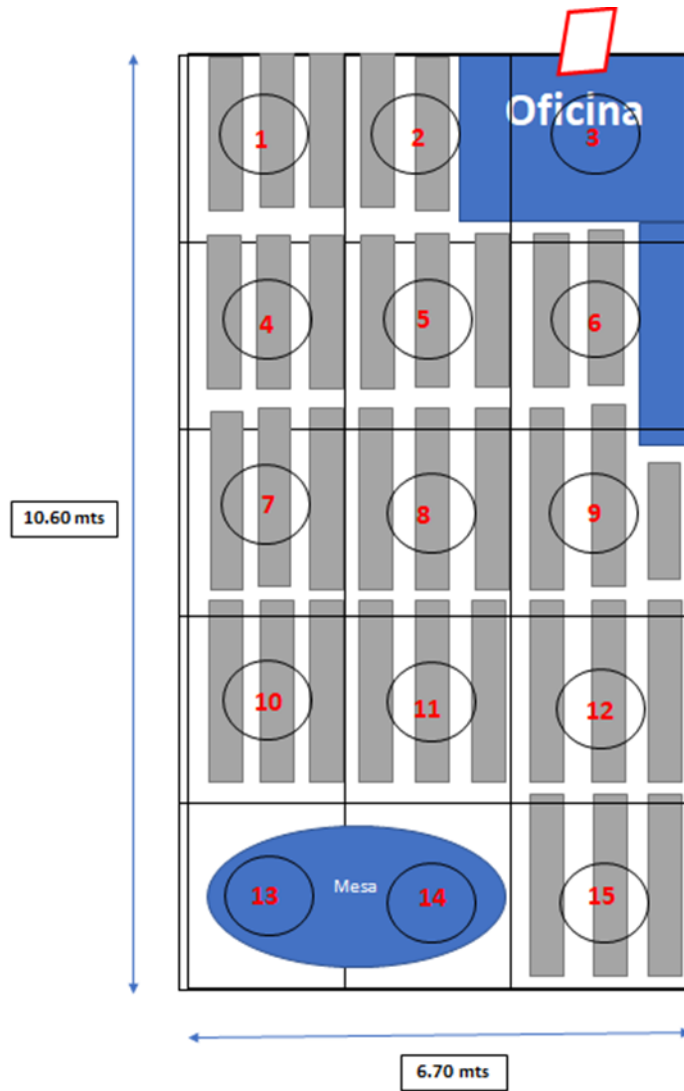


Figura N°14. Croquis de la Biblioteca de la Facultad de Medicina Pre-Grado (tesis recientes)

Planta alta.

Fuente: Elaboración propia.

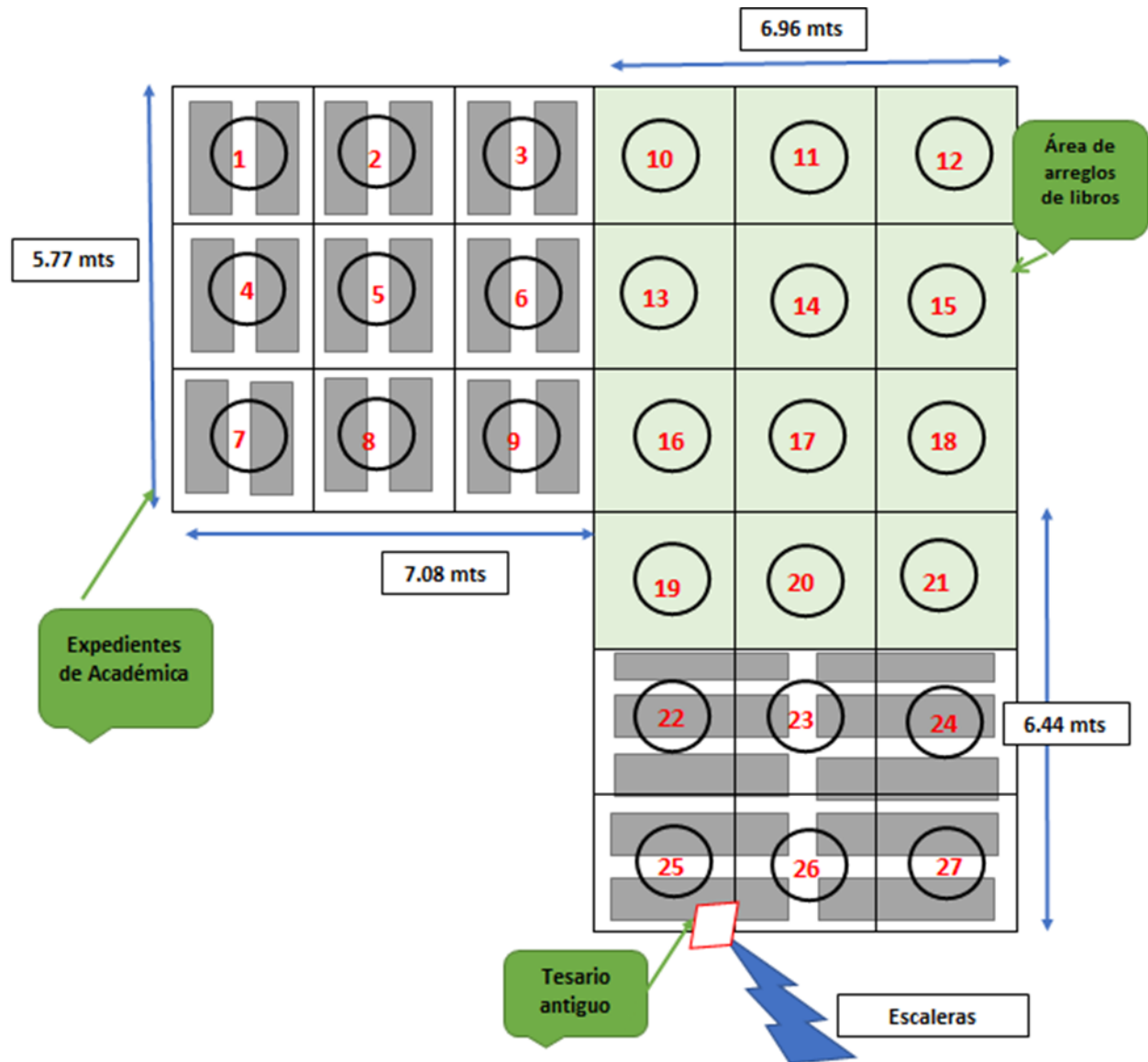


Figura N°15. Croquis de la Tesario de Pre-Grado (tesis más antiguas) y parte de expedientes de la Administración Académica de la Facultad de Medicina.

Fuente: Elaboración propia.

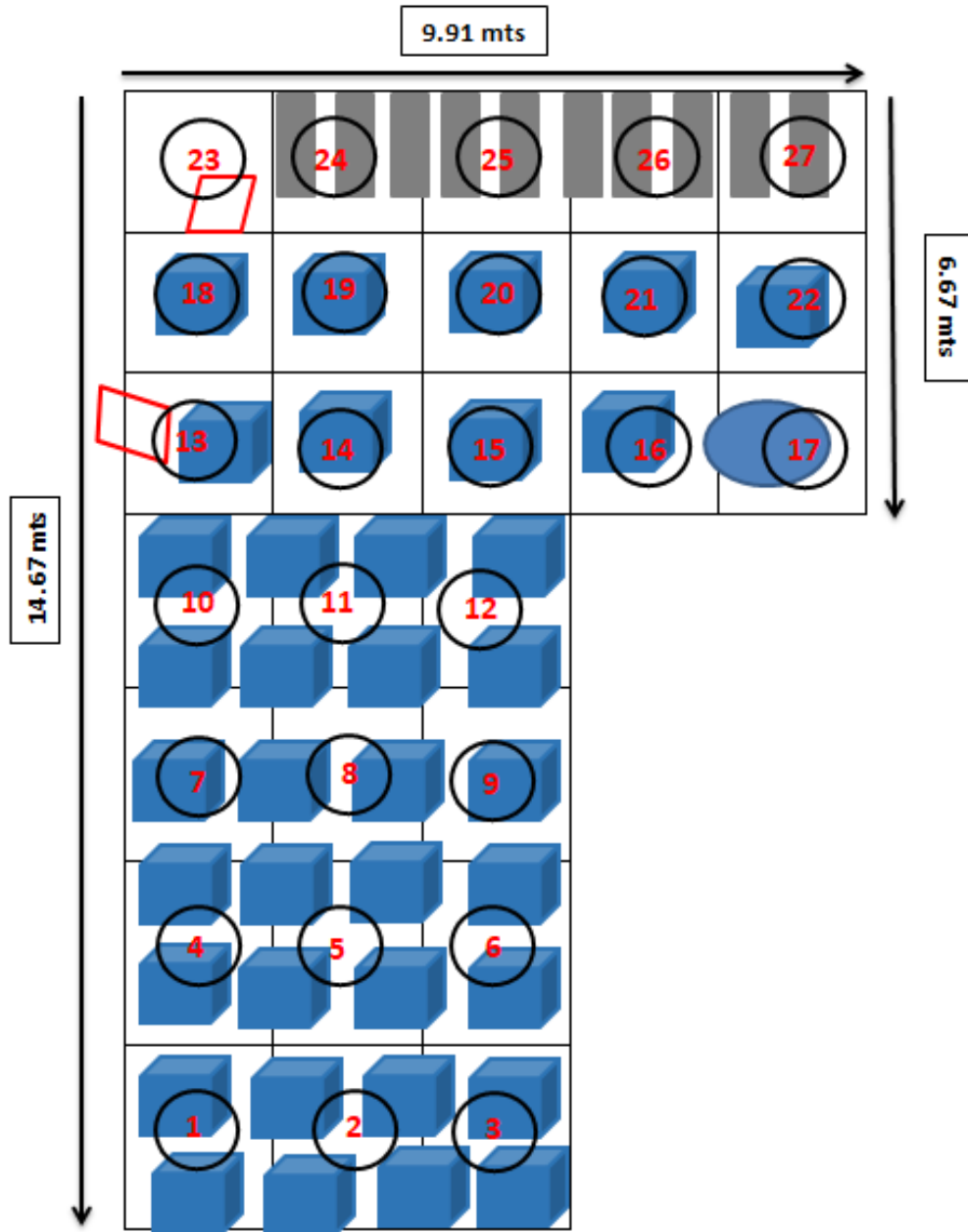


Figura N°16. Croquis de la Administración Académica de la Facultad de Medicina.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.7 Representación de los puntos muestreados en Secretaría de Asuntos Académicos

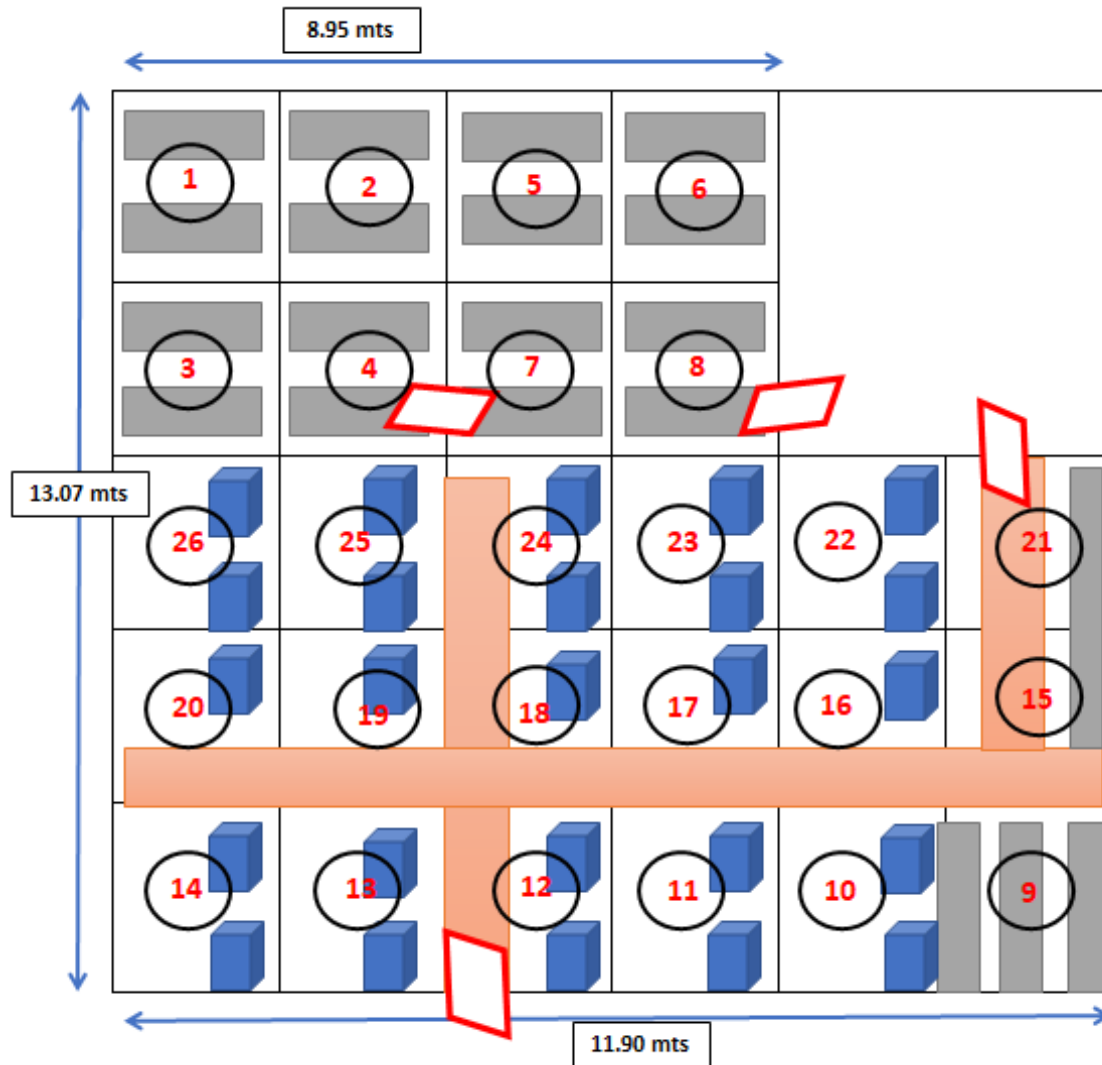


Figura N°17. Croquis de Secretaría de Asuntos Académicos.

Fuente: Elaboración propia.

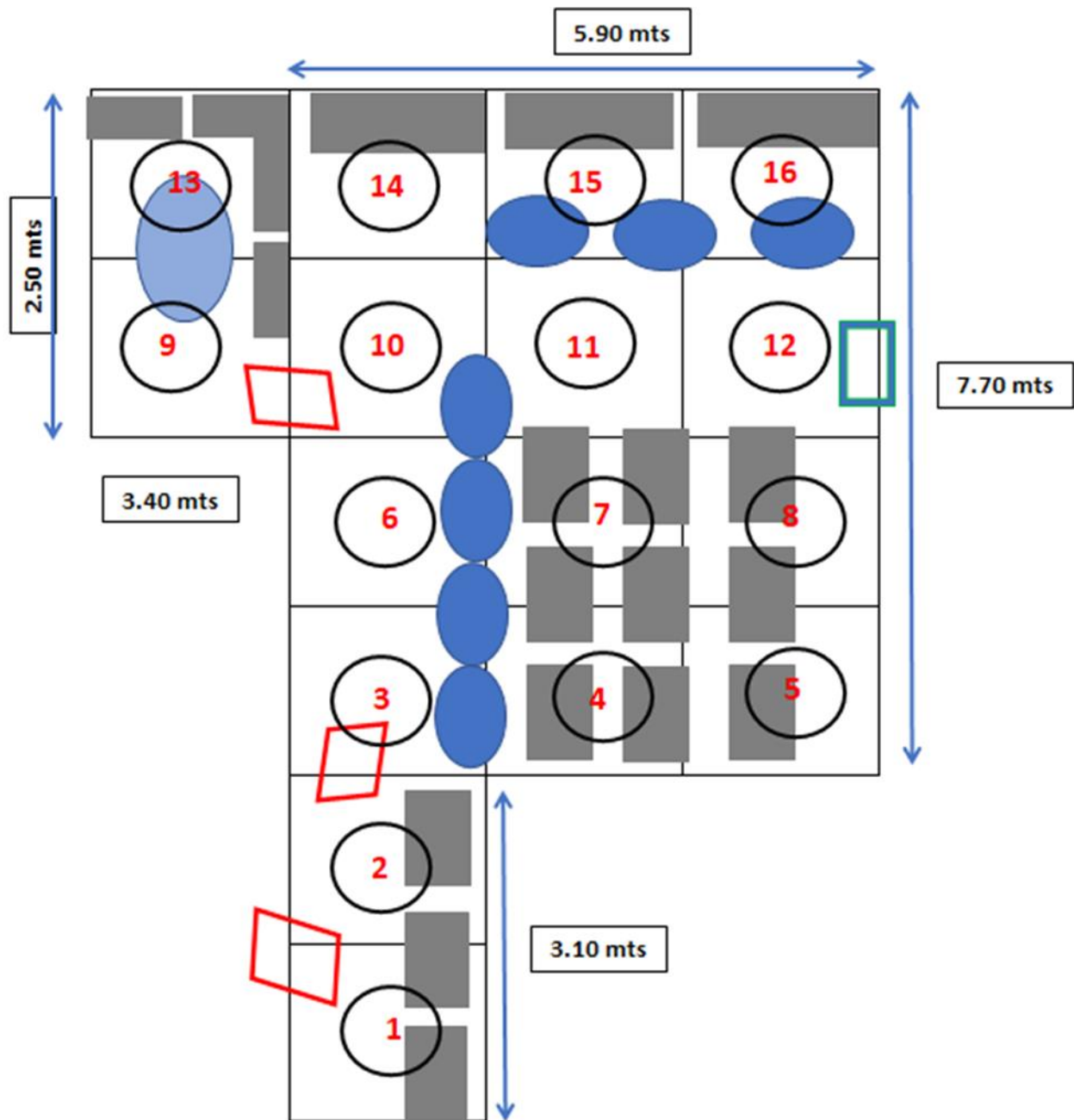


Figura N°18. Croquis de anexo de Secretaría de Asuntos Académicos.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.8 Representación de los puntos muestreados en la Biblioteca Central

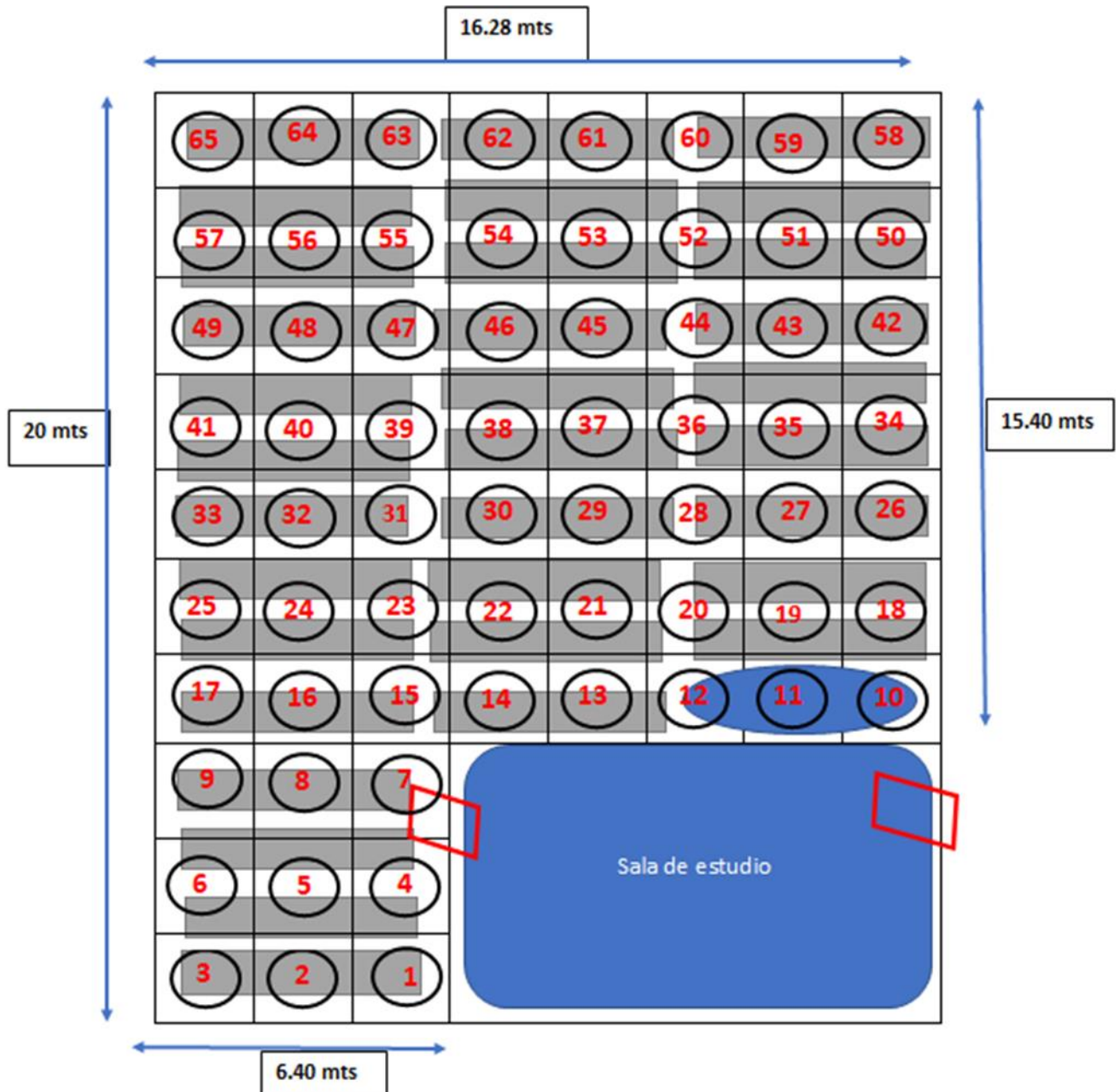


Figura N°19. Croquis de Biblioteca Central

Fuente: Elaboración propia.

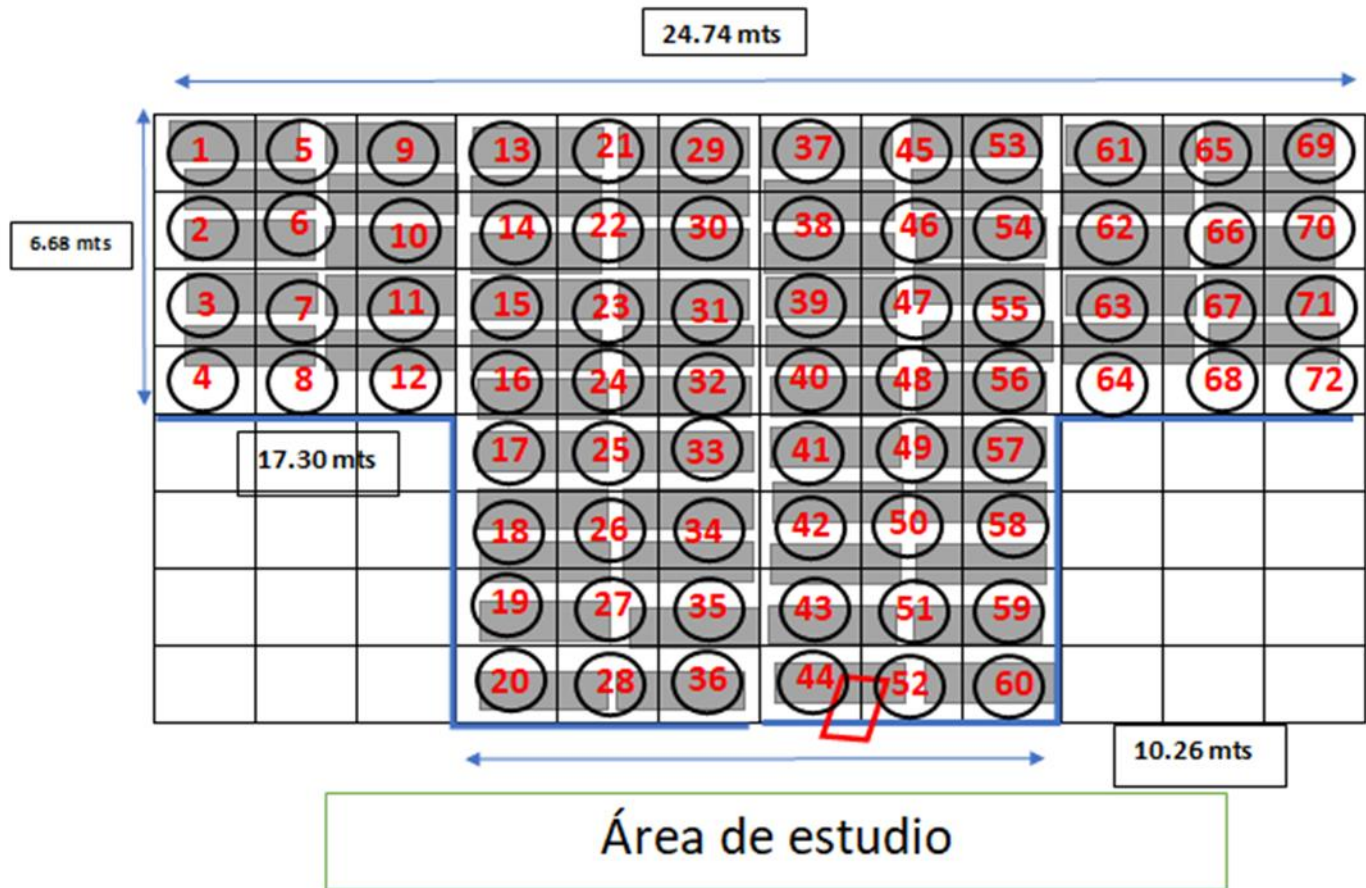


Figura N°20. Croquis de Tesario de Biblioteca Central.

Fuente: Elaboración propia.

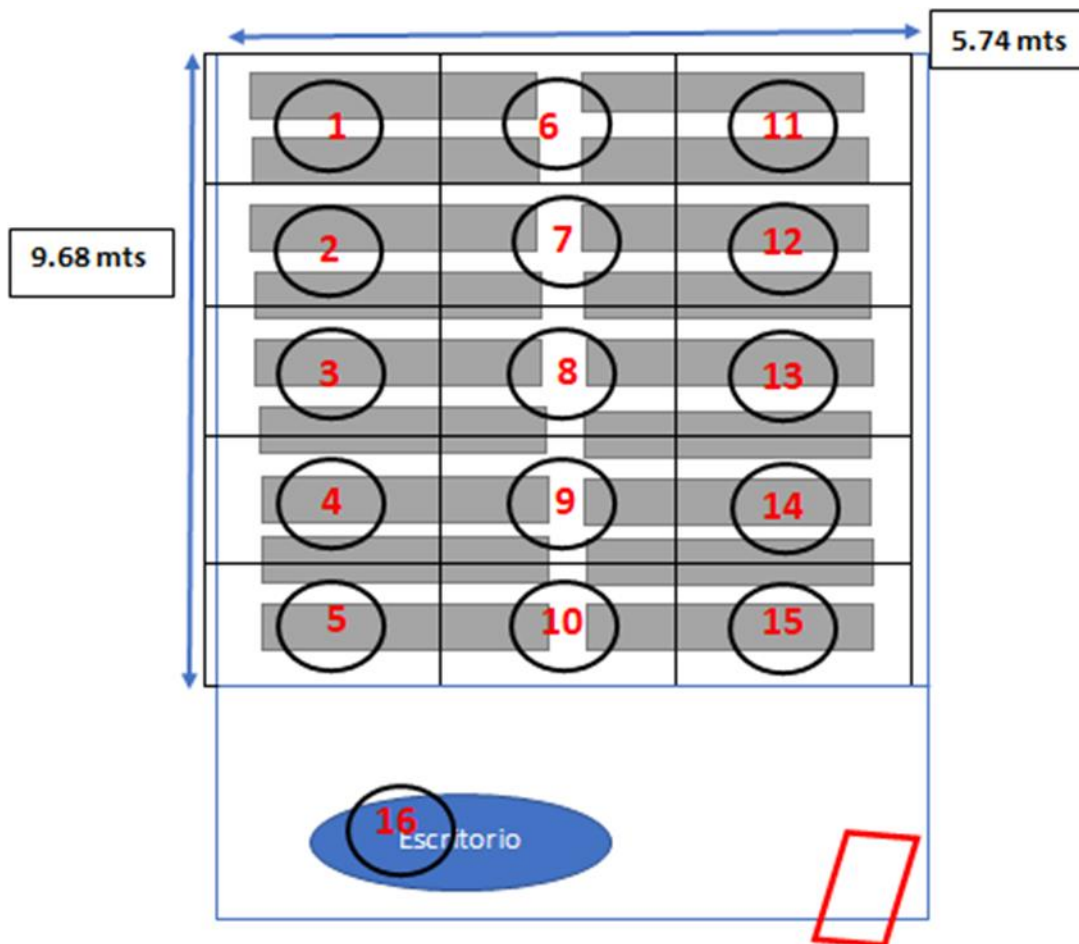


Figura N°21. Croquis del área de Diccionarios de la Biblioteca Central.

Fuente: Elaboración propia.




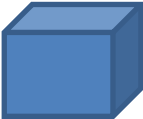
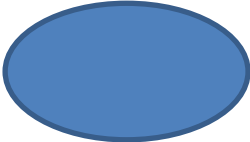

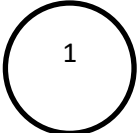

	Estantes con libros o expedientes estudiantiles.
	Puertas
	Escaleras
	Pupitres o mesas de estudio
	Escritorios
	Computadoras
	Punto de muestreo
	Ventanas

Figura N°22. Representaciones de figuras de Croquis.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Valores de MP2.5 Y MP10 graficados

A partir de los datos obtenidos de MP2.5 y MP10 en cada una de las áreas, se construyeron los gráficos mostrados a continuación en los cuales se incluyó como referencia el valor de la norma NSO 13.11.01:01 de calidad del aire de inmisiones atmosféricas, establecida en El Salvador. Los valores expresados en dicha norma son las siguientes: 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el caso del MP2.5 y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el MP10.

5.3.1 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Química y Farmacia.

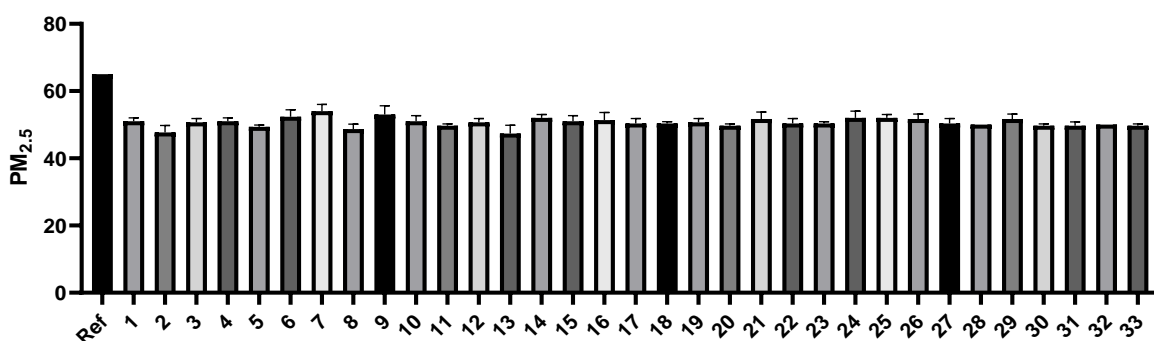


Figura N°23: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 33 puntos identificados en la biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia, dichos datos representan la media (\bar{X}) \pm la desviación estándar (DE) de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 33 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores

están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $65\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en dicha área de la biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia.

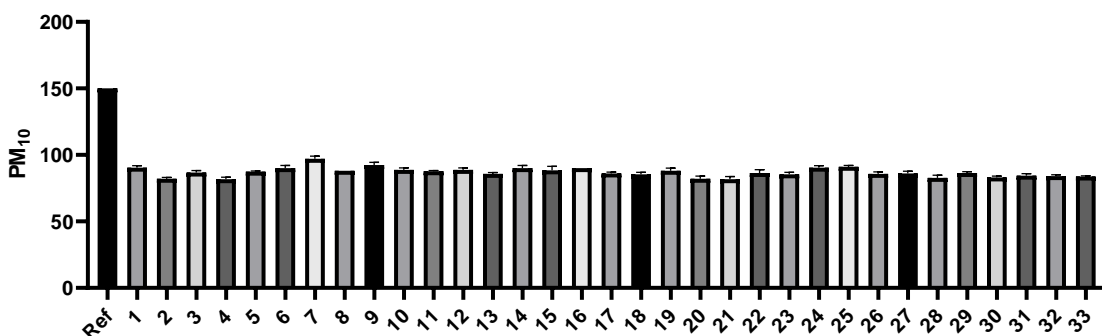


Figura N°24: Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Química Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 33 puntos identificados en la biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia, dichos datos representan la $\bar{X} \pm \text{DE}$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 33 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $150\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en dicha área de la biblioteca de la facultad de Química y Farmacia.

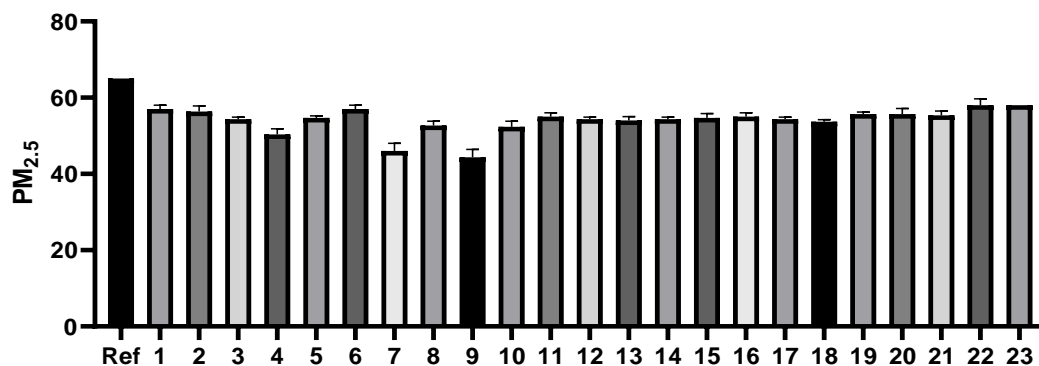


Figura N°25: Valores de MP2.5 de la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 23 puntos identificados en la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.005$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 23 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia.

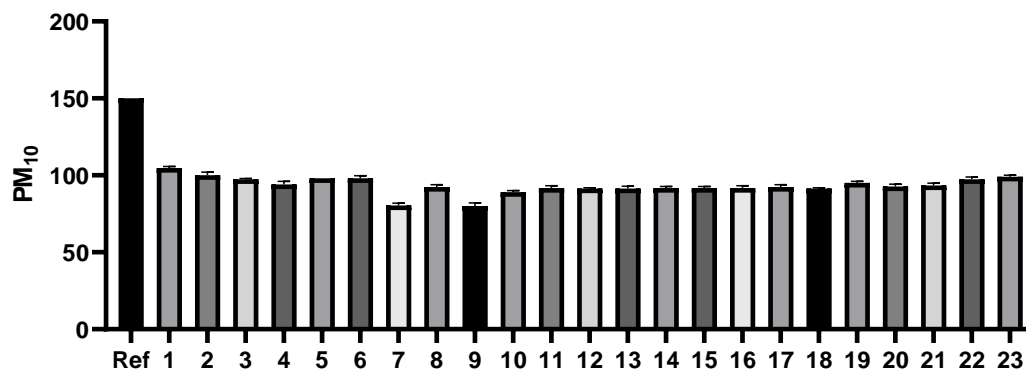


Figura N°26: Valores de MP10 de la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 23 puntos identificados en la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que los 23 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Química y Farmacia.

5.3.2 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

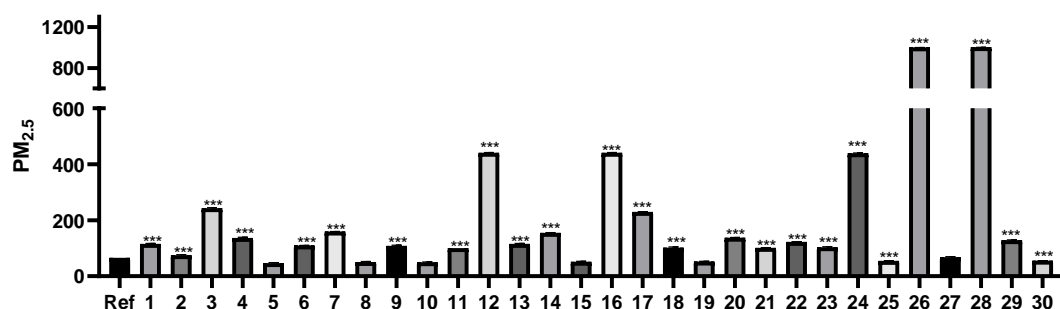


Figura N°27: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 30 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que los 30 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29 y 30 con un valor de $p < 0.001$. En el área se identificaron diferentes fuentes de contaminación (ver anexo N°1) entre las cuales se encontraron: libros en estado avanzado de deterioro expuestos al ambiente, áreas sucias con acumulación de polvo, ventanas abiertas exponiendo el interior a un exterior en el que se encontraban realizando trabajos de construcción (polideportivo en renovación). Por lo tanto, el resultado obtenido no cumple con la normativa de referencia que es $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que se puede deducir que existe cierto riesgo para los trabajadores que laboran en 24 puntos de los 30 muestreados del área.

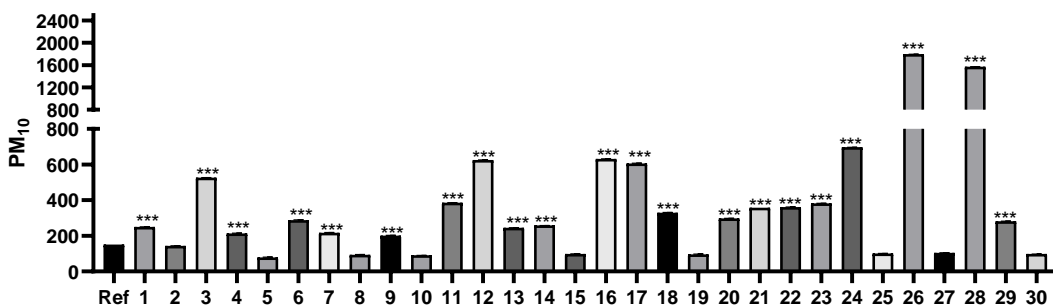


Figura N°28: Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 30 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que los 30 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28 y 29 con un valor de $p < 0.001$. Mediante la observación se identificaron diferentes fuentes de contaminación (ver anexo N°1) entre ellas se encontraron: estantes con libros en estado avanzado de deterioro, en los cuales se observó una capa gruesa de polvo grumoso en su exterior lo cual da a conocer la irregularidad de los procesos de limpieza (la limpieza de los estantes se realiza 2 veces al año según los trabajadores del área), también, se observó ventanas abiertas exponiendo el interior a un exterior en el que se encontraban realizando trabajos de construcción (polideportivo en renovación). Por lo tanto, el resultado obtenido no cumple con la normativa de referencia que es $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que, se puede deducir que existe cierto riesgo para los trabajadores que laboran en 21 puntos de los 30 muestreados del área.

5.3.3 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Agronómicas

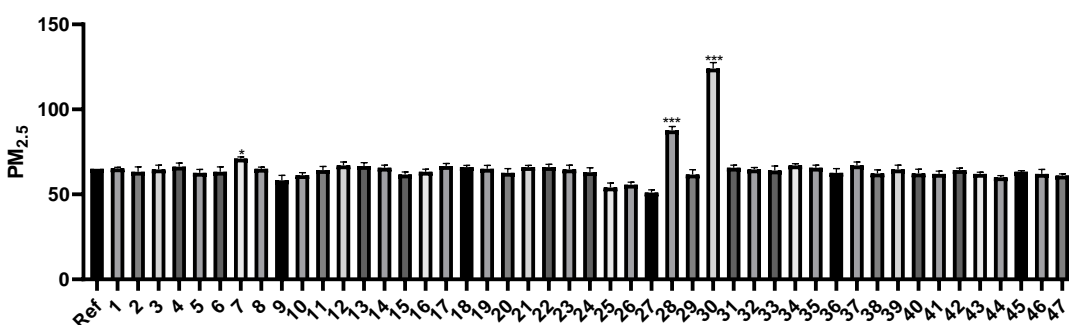


Figura N°29: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 47 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Agronomía, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$ y $***p < 0.001$ para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de las 47 mediciones solamente los puntos 7, 28 y 30, presentaron un aumento en las diferencias de medias en comparación con la referencia. Por lo que se puede inferir que en estos puntos de la biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas la calidad de aire no se encuentra apta ya que no cumple con lo establecido en la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:0101 calidad del aire inmisiones atmosféricas $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es necesario tomar medidas correctivas para disminuir el impacto de este en la salud de los que laboran en el lugar. En esta área lo que se pudo evidenciar fueron diversas fuentes de contaminación en el interior ya que, los puntos que resultaron más altos se encontraban en estantes que contenían tesis y libros en estado avanzado de deterioro.

Entre las causas que afectan la calidad del aire se encuentran: la deficiencia en la ventilación, calidad de aire exterior y presencia de contaminantes.⁶

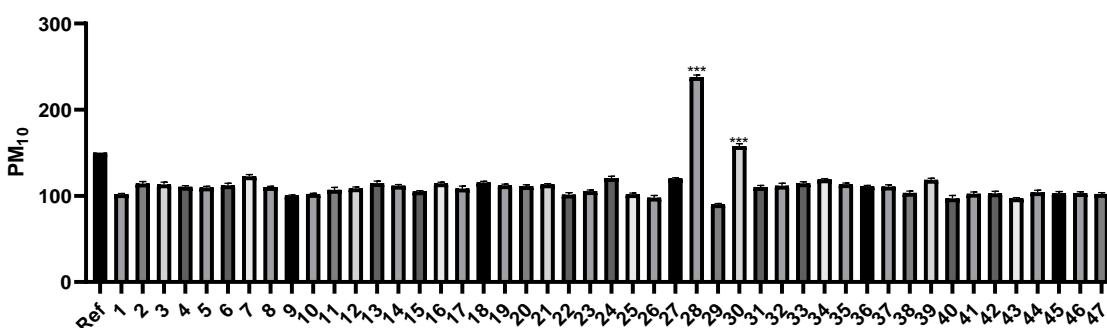


Figura N°30: Valores de M10 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 47 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$ para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de las 47 mediciones solamente los puntos 28 y 30, presentaron un aumento en las diferencias de medias en comparación con la referencia. Por lo que, se puede inferir que en estos puntos de la biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas la calidad de aire no se encuentra apta ya que no cumple con lo establecido en la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:0101 calidad del aire inmisiones atmosféricas $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es necesario tomar medidas correctivas para disminuir el impacto de este en la salud de los que laboran en el lugar. En esta área lo que se pudo evidenciar fueron diversas fuentes de contaminación en el interior ya que los puntos que resultaron más altos (28 y 30) se encontraban en estantes que contenían tesis y libros en estado avanzado de deterioro.

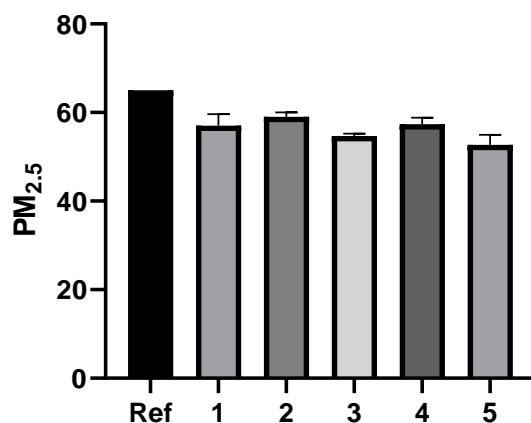


Figura N°31: Valores de MP2.5 de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 5 puntos identificados en la Administración académica de la Facultad de Agronomía, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 5 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

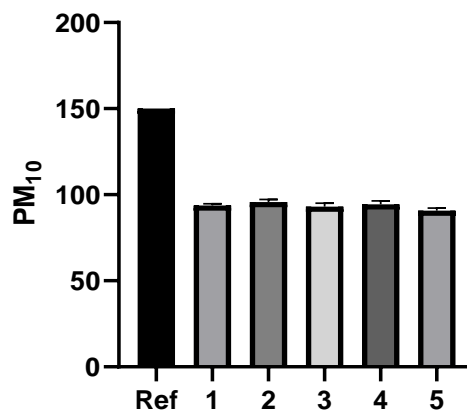


Figura N°32: Valores de MP10 de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 5 puntos identificados en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómica, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 5 puntos presentaron diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

5.3.4 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Económicas.

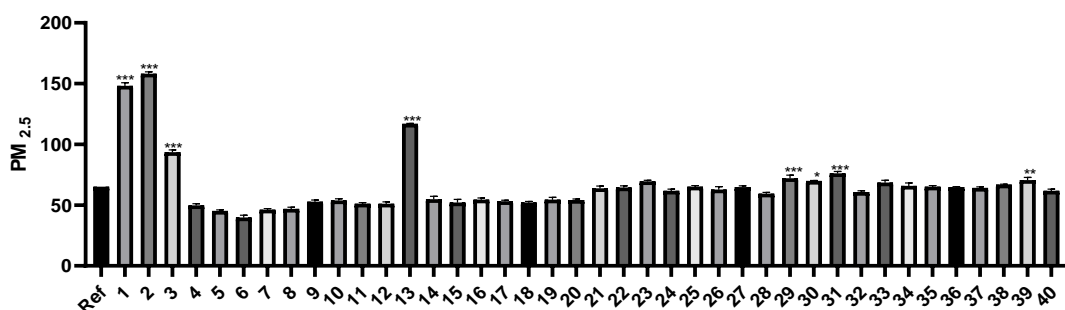


Figura N°33: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 40 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, $**p < 0.01$ y $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

Según los resultados se puede evidenciar que algunos de los puntos presentan diferencia significativa, en comparación con el valor de referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2, 3, 13, 29, 30, 31 y 39. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que se puede deducir que existe cierto riesgo para los trabajadores que laboran en 8 puntos de los 40 muestreados en el área.

En el lugar se observó la falta de ventilación, ya que el lugar está encerrado sin ventana alguna, solo se hace uso de aire acondicionado lo que podría aumentar la concentración de material particulado, teniendo en cuenta que, el mantenimiento del equipo se hace solo cuando lo reparan. Por consiguiente, la falta de ventilación es un factor que afecta la calidad del aire.⁶

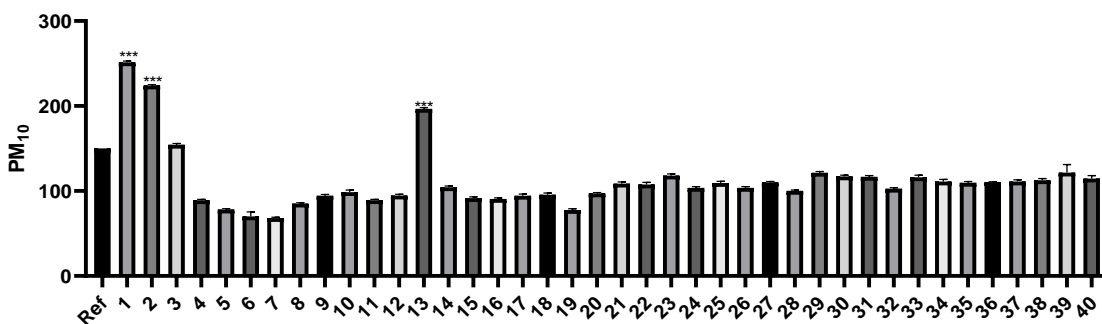


Figura N°34: Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 40 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

Según los resultados se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre algunos de los 40 puntos, en comparación con el valor de referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2 y 13. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $150\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe cierto riesgo a la salud para los trabajadores que laboran en 3 puntos de los 40 muestreados en el área.

En el lugar se observó la falta de ventilación, ya que es encerrado sin ventana alguna, solo se hace uso de aire acondicionado lo que conlleva a un aumento en la concentración de material particulado, teniendo en cuenta que, el mantenimiento del equipo se hace solo cuando lo reparan. Por consiguiente, la falta de ventilación es un factor que afecta la calidad del aire.⁶

5.3.5 Valores de Material Particulado de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

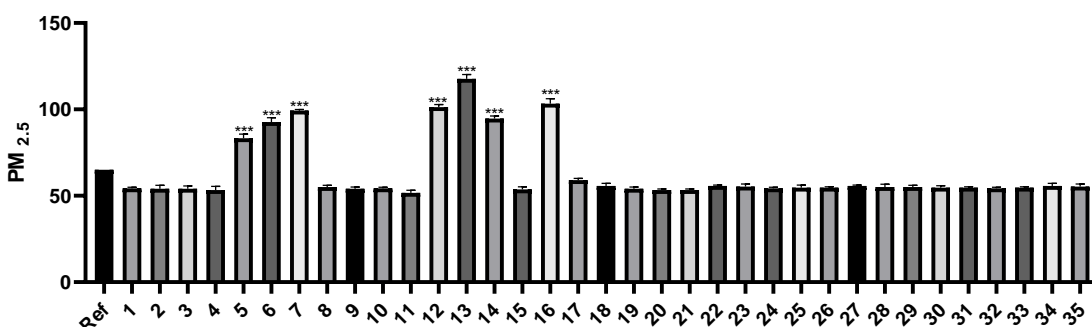


Figura N°35: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 35 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de los 35 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 5, 6, 7, 12, 13, 14 y 16. Por lo tanto, estos valores están por encima de la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran en 7 puntos de 35 muestreados en el área.

Mediante la observación se identificaron diferentes fuentes de contaminación de material particulado, entre las cuales se encuentran: inmobiliario en desuso, espacio reducido, poca ventilación, en dicho lugar no contaban con muchos estantes por lo que los libros se encontraban en mesas grandes, formando columnas acumulando polvo (ver anexo N°1).

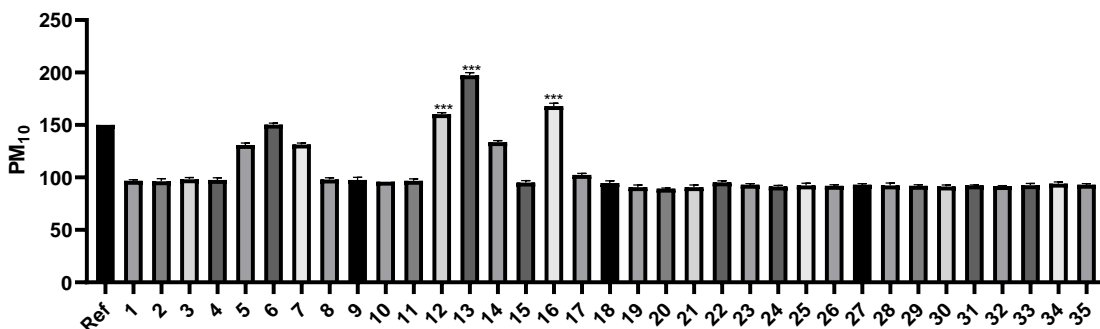


Figura N°36: Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 35 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de los 35, algunos puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 12, 13 y 16. Por lo tanto, estos valores están por encima de la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosféricas) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran en 3 puntos de 35 muestreados en el área.

Mediante la observación se identificaron diferentes fuentes de contaminación de material particulado, entre las cuales se encuentran: inmobiliario en desuso, espacio reducido, poca ventilación, en dicho lugar no contaban con muchos estantes por lo que los libros se encontraban en mesas grandes, formando columnas acumulando polvo (ver anexo N°1).

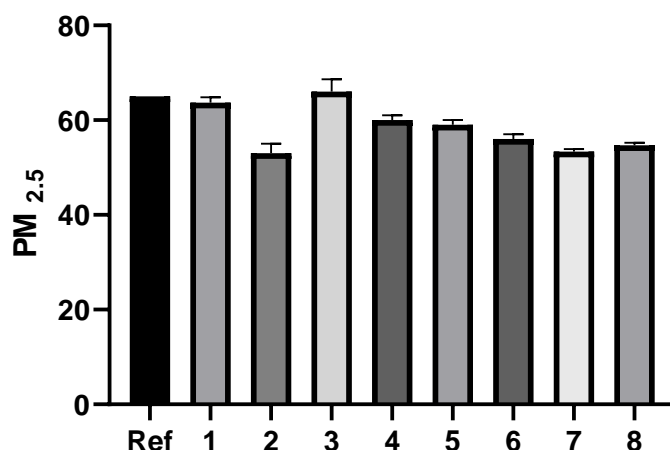


Figura N°37: Valores de MP2.5 de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 8 puntos identificados en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que se puede inferir que, no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

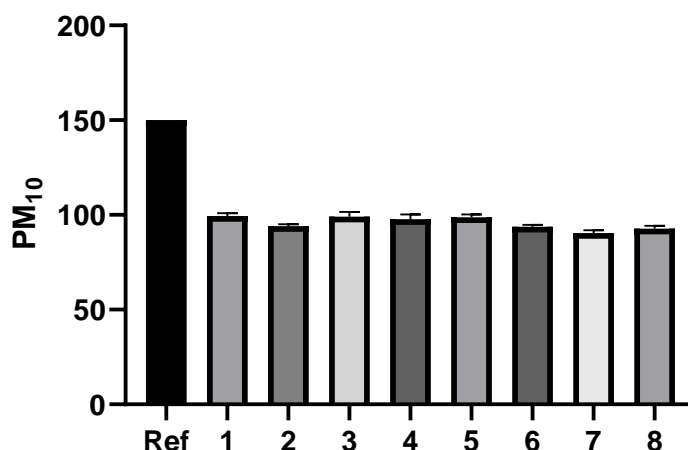


Figura N°38: Valores de MP10 de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 8 puntos identificados en la Administración académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

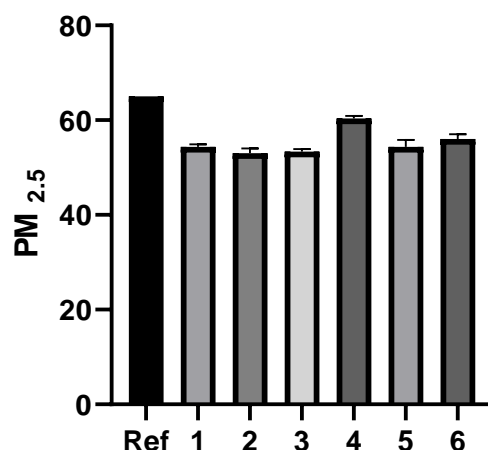


Figura N°39: Valores de MP2.5 del Expediente de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 6 puntos identificados en el Expediente de la administración académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 6 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el área de expedientes de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

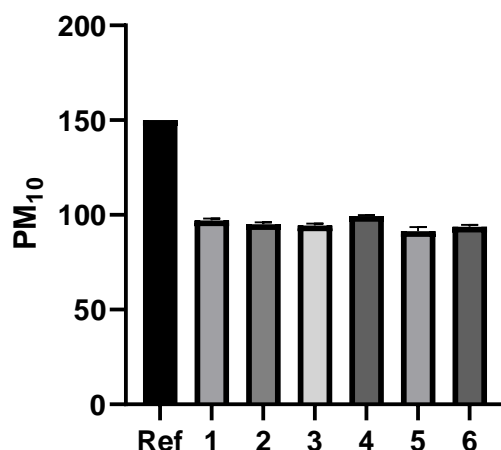


Figura N°40: Valores de MP10 del Expediente de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 6 puntos identificados en el Expediente de la administración académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el área de expedientes de la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

5.3.6 Valores obtenidos de Material Particulado de la Facultad de Medicina.

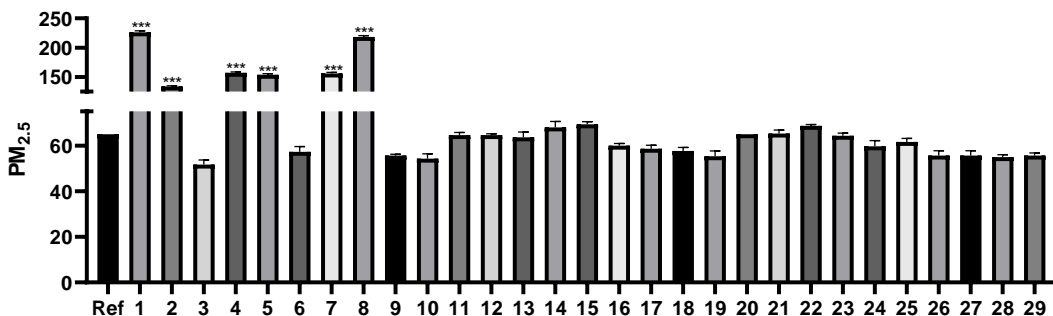


Figura N°41: Valores de MP2.5 de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 29 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 29 puntos presentaron diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2, 4, 5, 7 y 8. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran específicamente en 6 puntos de 29 muestreados en el área.

En el lugar lo que se pudo evidenciar fue la presencia de ventanas abiertas cercanas a los puntos (1, 4, 7) exponiendo el interior a un ambiente externo con polvo. Los otros puntos elevados (2, 5, 8) eran estantes que contenían libros en estado avanzado de deterioro (ver anexo N°1) creando una calidad de aire no adecuada en estos puntos, debido a que la calidad de aire interior no debe de

contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar a la salud y causen molestias a sus ocupantes.⁶

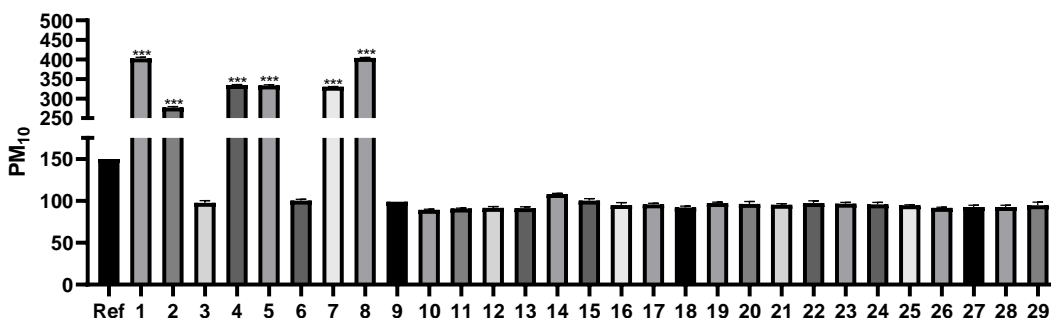


Figura N°42: Valores de MP10 de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 29 puntos identificados en la Biblioteca de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 29 puntos presentaron diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 1, 2, 4, 5, 7 y 8. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran específicamente en 6 puntos de 29 muestreados en el área.

En esta área lo que se pudo evidenciar fue la presencia de ventanas abiertas cercanas a los puntos (1, 4,7) exponiendo el interior a un ambiente externo con polvo. Los otros puntos elevados (2,5,8) eran estantes que contenían libros en estado avanzado de deterioro (ver anexo N°1) creando una calidad de aire no adecuada en estos puntos, debido a que la calidad de aire interior no debe de contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar a la salud y causen molestias a sus ocupantes.⁶

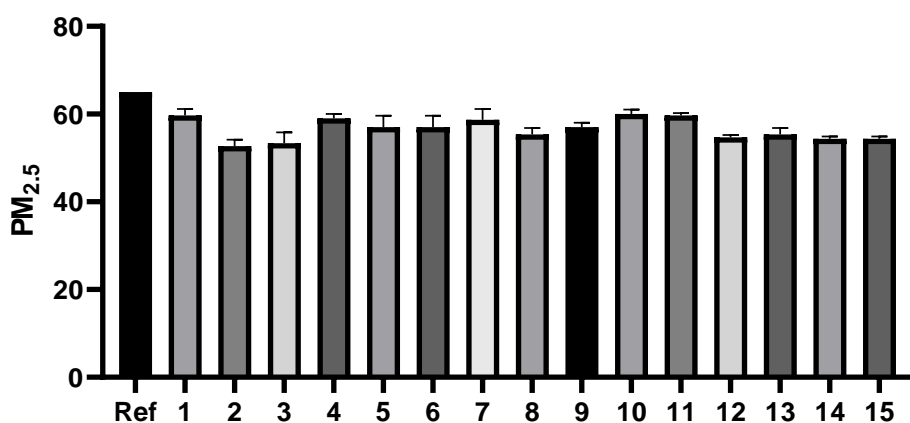


Figura N°43: Valores de MP2.5 del Tesario de pregrado de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 15 puntos identificados en el Tesario de pregrado de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 15 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el Tesario pregrado de la Facultad de Medicina.

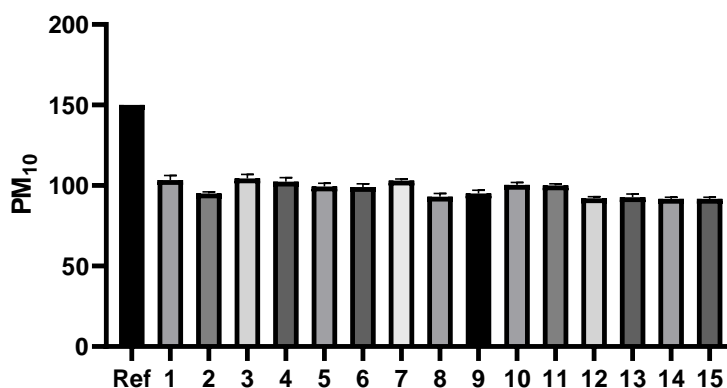


Figura N°44: Valores de MP10 del Tesario pregrado de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 15 puntos identificados en el Tesario de pregrado de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 15 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el Tesario pregrado de la Facultad de Medicina.

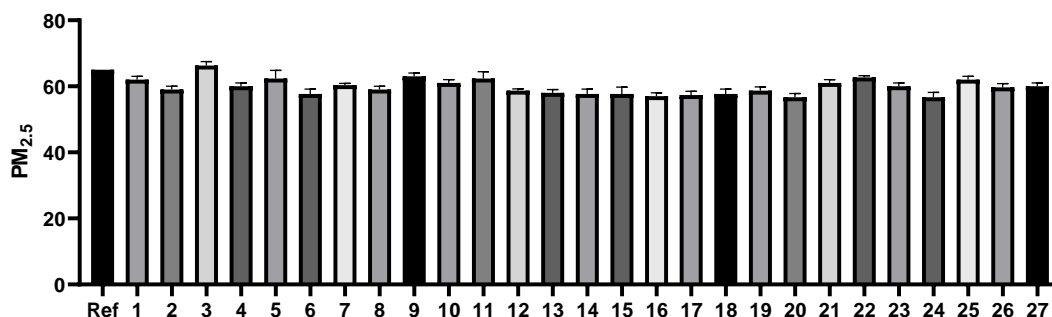


Figura N°45: Valores de MP2.5 del Tesario del sótano de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 27 puntos identificados en el Tesario del sótano de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos puntos presentaron diferencias significativas de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el Tesario del Sótano de la Facultad de Medicina.

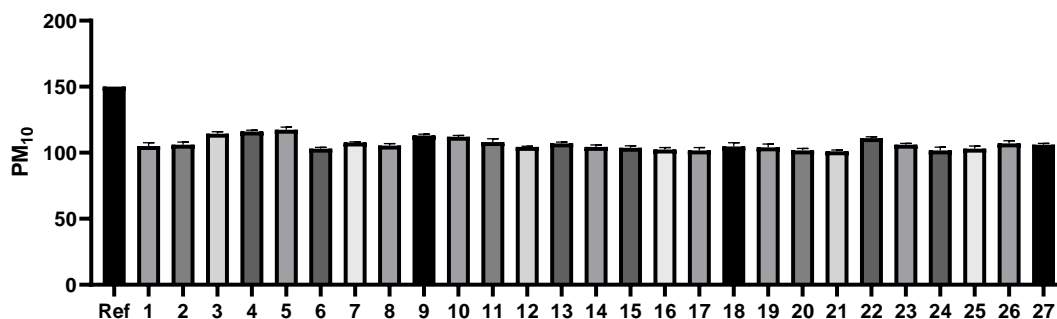


Figura N°46: Valores de MP10 del Tesario del sótano de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 27 puntos identificados en el Tesario del sótano de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 27 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el Tesario del Sótano de la Facultad de Medicina.

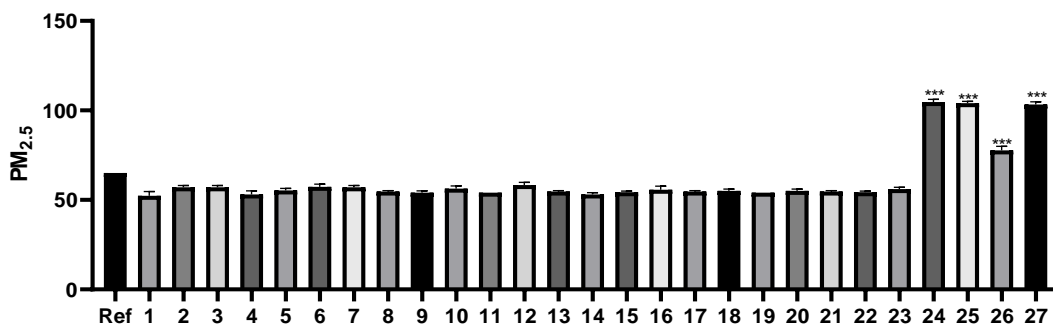


Figura N°47: Valores de MP2.5 de la Administración Académica de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 27 puntos identificados en la Administración académica de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 27 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 24, 25, 26 y 27. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran específicamente en 4 puntos de 27 muestreados en el área.

Los valores que sobrepasan la referencia se encontraban en una división que se usaba como bodega, además, contenía inmobiliario en desuso entre los que se puede mencionar: máquinas de escribir antiguas, escritorios en mal estado, sillas, computadoras, teclados, entre otros artículos eléctricos (ver anexo N°1). Sumado a eso, esta bodega carecía de ventilación y espacio. La exposición continua a una baja calidad del aire interior puede conllevar algunos efectos adversos a la salud.

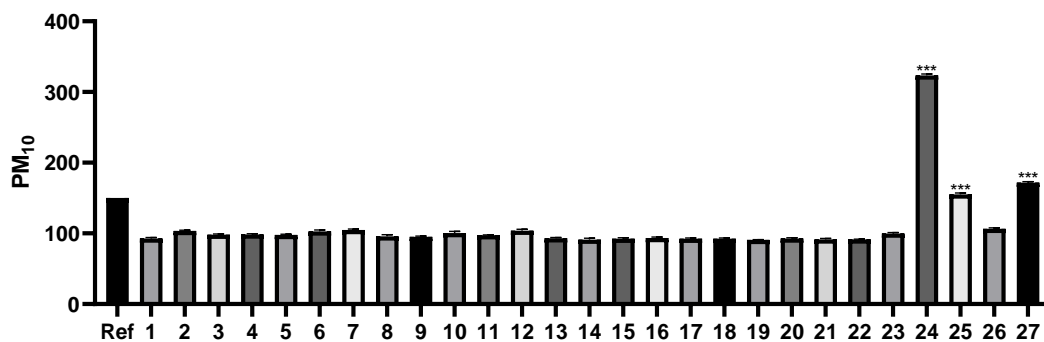


Figura N°48: Valores de MP10 de la Administración Académica de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 27 puntos identificados en la Administración académica de la Facultad de Medicina, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 27 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 24, 25 y 27. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe riesgo a la salud de los trabajadores que laboran específicamente en 3 puntos de 27 muestreados en el área.

Los valores que sobrepasa la referencia se encontraban en una división que se usaba como bodega, que contenía inmobiliario en desuso entre los que se puede mencionar: máquinas de escribir antiguas, escritorios en mal estado, sillas, computadoras, teclados, entre otros artículos eléctricos (ver anexo N°1). Sumado a eso, esta bodega carecía de ventilación y espacio. La exposición continua a una baja calidad del aire interior puede conllevar algunos efectos adversos a la salud.

5.3.7 Valores obtenidos de Material Particulado de la Secretaría de Asuntos Académicos.

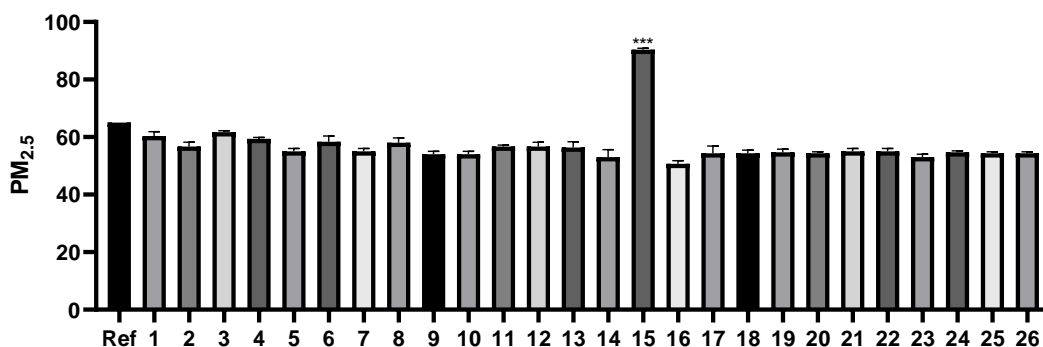


Figura N°49: Valores de MP2.5 de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 26 puntos identificados en Secretaría de Asuntos Académicos, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 26 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo un valor elevado en el siguiente punto de muestreo: 15. Por lo tanto, el resultado obtenido sobrepasa lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En esta área se evidenció la presencia de un archivero que contenía documentos los cuales al observarse de cerca estaban cubiertos completamente con polvo (ver anexo N°1); se desconoce el tiempo que se han resguardado dichos documentos, pero se podía notar que eran documentos viejos ya que presentaban orificios y se podía notar la descomposición de la celulosa del papel, ya que, con el pasar del tiempo experimenta este proceso, produciendo material particulado que contamina el ambiente.

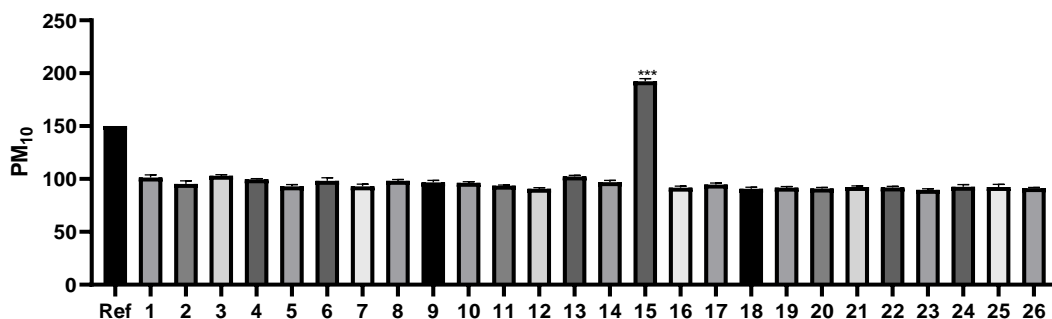


Figura N°50: Valores de MP10 de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 26 puntos identificados en Secretaría de Asuntos Académicos, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 26 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo un valor elevado en el siguiente punto de muestreo: 15. Por lo tanto, el resultado obtenido sobrepasa lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En esta área se evidenció la presencia de un archivero que contenía documentos los cuales al observarse de cerca estaban cubiertos completamente de polvo (ver anexo N°1), se desconoce el tiempo que se han resguardado dichos documentos, pero se podía notar que eran documentos viejos ya que presentaban orificios y se podía notar la descomposición de la celulosa del papel ya que con el pasar del tiempo experimenta este proceso, produciendo material particulado que contamina el ambiente.

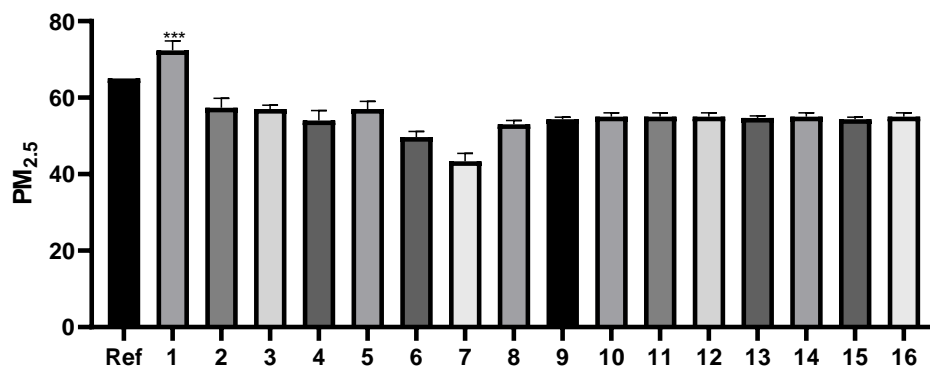


Figura N°51: Valores de MP2.5 del anexo de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 16 puntos identificados en el anexo de la Secretaría de Asuntos Académicos, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que, de los 16 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias al compararla con la referencia, siendo el valor 1 el mas elevado. Por lo tanto, el resultado obtenido sobrepasa lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, el resto de los valores rondan cerca del límite establecido, en esta área es donde se elaboran los títulos universitarios, la elaboración y acondicionamiento de estos conlleva el corte según lo normado, dicho corte del material genera material particulado fino que circula en toda el área, el lugar cuenta con muy buena ventilación la cual no permite que se estanque el material particulado producido por el proceso antes mencionado.

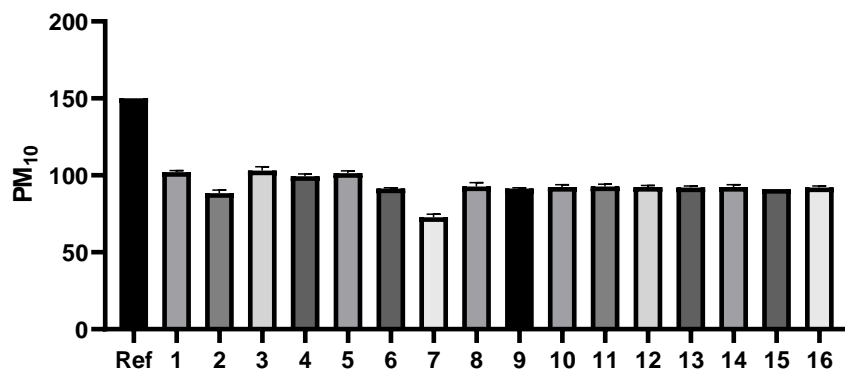


Figura N°52: Valores de MP10 del anexo de Secretaría de Asuntos Académicos de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 16 puntos identificados en el anexo de la Secretaría de Asuntos Académicos, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 27 puntos presentaron diferencia significativa de medias, al compararlos con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada de la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en dicha área.

5.3.8 Valores obtenidos de Material Particulado de la Biblioteca Central

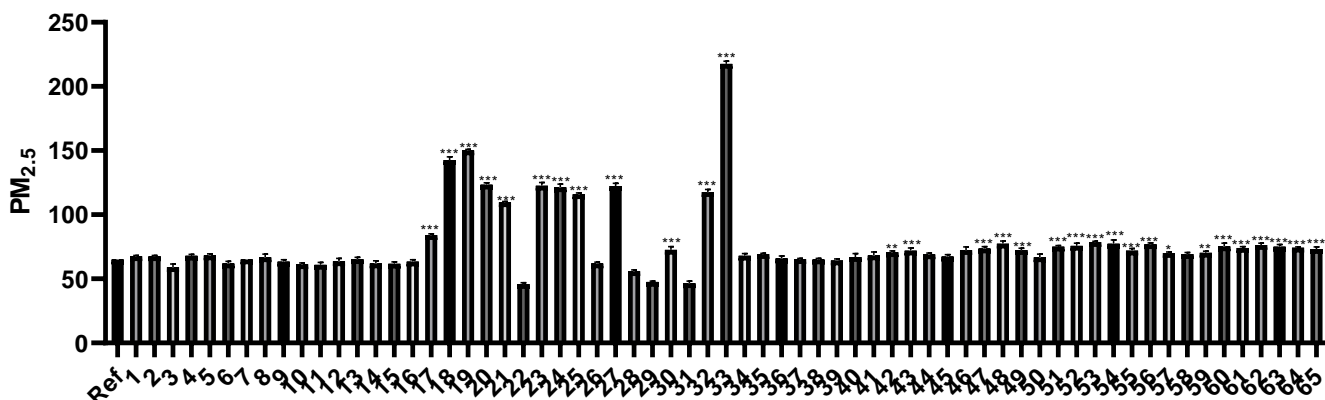


Figura N°53: Valores de MP2.5 de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 65 puntos identificados en la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p < 0.05$, $**p < 0.01$ y $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos puntos presentaron diferencias significativas de medias, al compararlas con el valor de referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 30, 32, 33, 42, 43, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire e inmisiones atmosférica) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe cierto riesgo a la salud de los trabajadores que laboran en 31 puntos de los 65 muestreados en el área.

Al ser una biblioteca extensa almacena una gran cantidad de libros entre ellos nuevos y viejos, además, de contener documentos antiguos algunos en estado de deterioro, al observar de cerca los estantes y libros presentan una capa de polvo que los recubre (ver anexo N°1), el lugar cuenta con poca ventilación por ello se hace uso de aire acondicionado, aumentando así la posibilidad de la

degradación de la celulosa que contienen los libros y la proliferación de hongos provocando aumento en los niveles de material particulado en algunos puntos del lugar.²¹

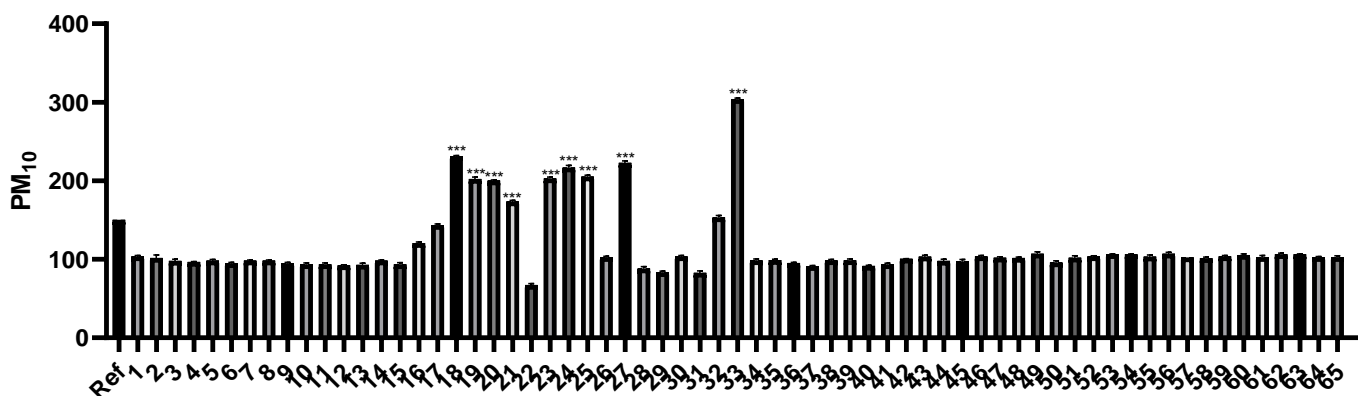


Figura N°54: Valores de MP10 de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 65 puntos identificados en la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que los 65 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27 y 33. Por lo tanto, los resultados obtenidos sobrepasan lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosférica) $150\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por lo que, se puede deducir que existe cierto riesgo a la salud de los trabajadores que laboran en 9 puntos de los 65 muestreados en el área.

Al ser una biblioteca extensa almacena una gran cantidad de libros entre ellos nuevos y viejos, además, de contener documentos antiguos algunos en estado de deterioro, al observar de cerca los estantes y libros presentan una capa de polvo que los recubre (ver anexo N°1), el lugar cuenta con

poca ventilación por ello se hace uso de aire acondicionado, aumentando así la posibilidad de la degradación de la celulosa que contienen los libros y la proliferación de hongos provocando aumento en los niveles de material particulado en algunos puntos del lugar.²¹

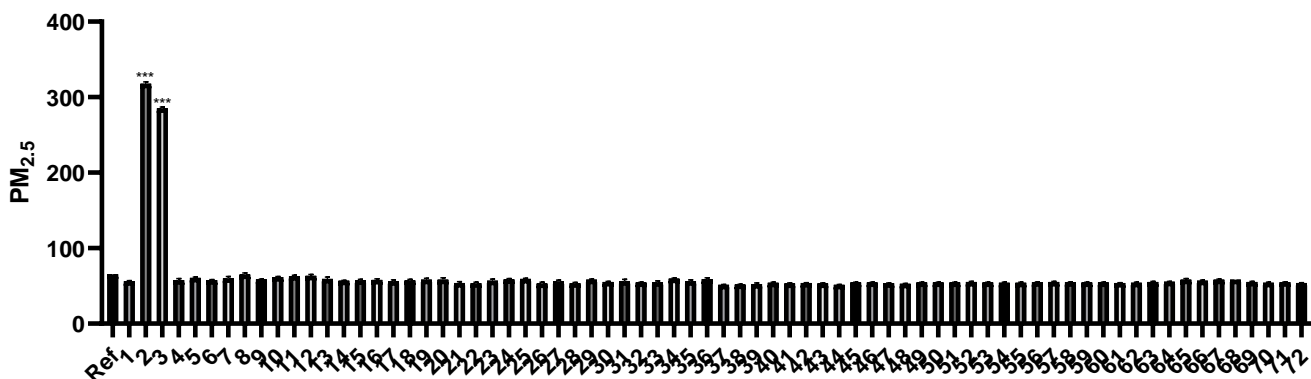


Figura N°55: Valores de MP2.5 del Tesario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP2.5 en cada uno de los 72 puntos identificados en el Tesario de la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de los 72 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 2 y 3 los cuales sobrepasan la normativa tomada como referencia (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el área se evidenció una variedad de tesis desde las más nuevas hasta las más antiguas, las cuales se encontraban en estantes, el lugar contaba con poca ventilación, por lo que, se hacía uso de aire acondicionado, pero la temperatura no era homogénea en todas las partes ya que la

infraestructura del lugar es en T, por lo que, en las esquinas no llegaba el aire acondicionado, se observó telas de araña y capas de polvo que recubrían algunos estantes en específico en las esquinas (ver anexo N°1) donde se obtuvieron los valores elevados del lugar.

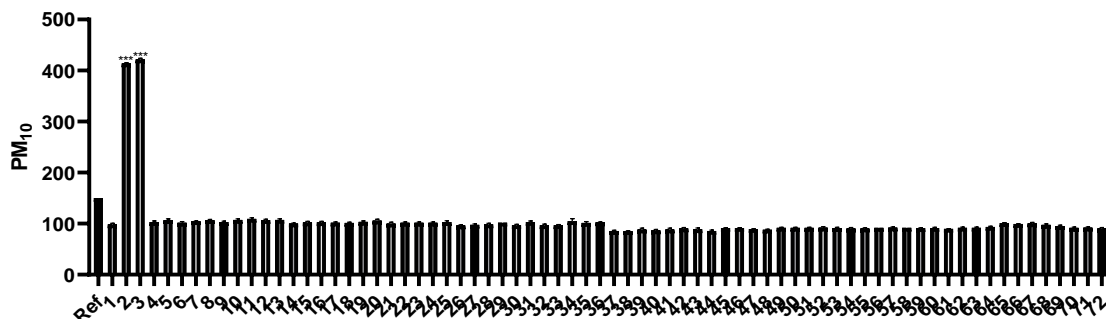


Figura N°56: Valores de MP10 del Tesario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP10 en cada uno de los 72 puntos identificados en el Tesario de la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $***p < 0.001$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que de los 72 puntos, algunos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, obteniendo valores elevados en los siguientes puntos de muestreo: 2 y 3 los cuales sobrepasan la normativa tomada como referencia (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad de aire e inmisiones atmosféricas $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el área se evidenció una variedad de tesis desde las más nuevas hasta las más antiguas, las cuales se encontraban en estantes, el lugar contaba con poca ventilación, por lo que se hacía uso de aire acondicionado, pero la temperatura no era homogénea en todas las partes ya que la estructura del lugar es en T por lo que en las esquinas no llegaba el aire acondicionado, se observó telas de araña y capas de polvo que recubrían algunos estantes en específico en las esquinas (ver anexo N°1) donde se obtuvieron los valores elevados del lugar.

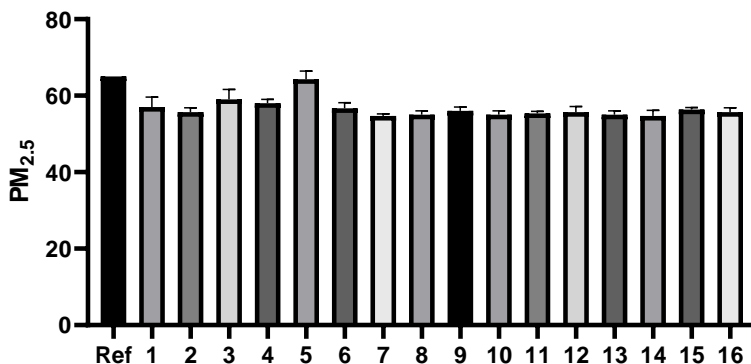


Figura N°57: Valores de MP2.5 en área de diccionario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP 2.5 en cada uno de los 16 puntos identificados en el área de diccionario de la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire e inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 16 puntos presentaron una diferencia de medias significativa, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el área de diccionario de la Biblioteca Central.

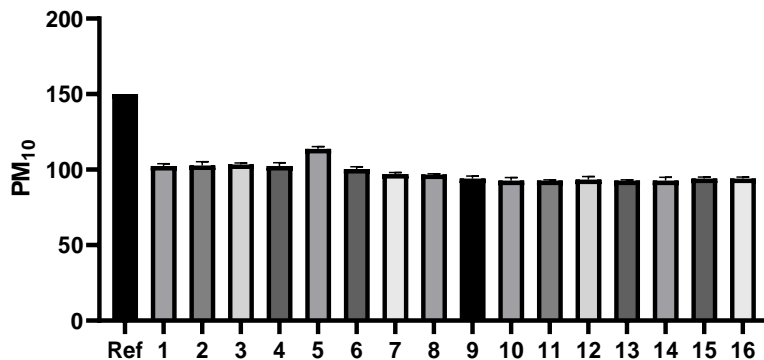


Figura N°58: Valores de MP10 en área de diccionario de la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el monitor de lectura directa BIAOLING se determinaron los niveles de MP 10 en cada uno de los 16 puntos identificados en el área de diccionario de la Biblioteca Central, dichos datos representan la $\bar{X} \pm DE$ de las lecturas de cada punto, además, en cada punto se realizaron las determinaciones por triplicado. Se realizó la prueba de normalidad de datos, seguido de la prueba ANOVA de una vía con un valor de $*p \leq 0.05$, para comparar los valores con la Normativa Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas, seguido de la prueba Post Hoc de Bonferroni.

De acuerdo con los resultados se pudo evidenciar que algunos de los 16 puntos presentaron una diferencia significativa de medias, al compararla con la referencia, sin embargo, estos valores están por debajo de lo establecido por la referencia tomada (Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 calidad del aire inmisiones atmosféricas) $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El resultado obtenido cumple con la normativa por lo que, se puede inferir que no hay riesgo en la salud de los trabajadores que laboran en el área de diccionario de la Biblioteca Central.

CAPÍTULO VI

6.0 CONCLUSIONES

1. Según la encuesta realizada a los trabajadores, la sintomatología que presentan como tos seca, ardor de garganta, rinitis, irritación de nariz y ojos, alergias, dermatitis, comezón y picazón disminuye considerablemente al finalizar su jornada laboral.
2. Con base a las fuentes de exposición, el área de estudio con menos puntos de muestreo corresponde a la Administración Académica de la Facultad de Ciencias Agronómicas con 5 puntos y el área con más puntos de muestreo corresponde al Tesario de la Biblioteca Central con 72 puntos.
3. Al medir las concentraciones de MP2.5 y MP10 en las instalaciones de las áreas en estudio, se encontró que la Biblioteca de ingeniería y Arquitectura presenta el valor más alto tanto para MP2.5 como para MP10 con un valor de 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 1973 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.
4. Las fuentes de contaminación más predominantes en los puntos de muestro con mayor de concentración de MP2.5 y MP10, corresponden a áreas las cuales carecían de limpieza, en su mayoría eran estantes que contenían libros y documentos en estado avanzado de deterioro y Material Particulado sedimentado en su superficie de los ejemplares, así mismo, estas áreas con mayor concentración de MP2.5 y MP10 carecían de un sistema adecuado de circulación de aire.
5. Según el estudio realizado al comparar los valores obtenidos con la normativa de referencia se concluye que los lugares que más presentan contaminación por MP son la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas, la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Económicas, la Biblioteca y Administración Académica de la Facultad de Medicina, y la Biblioteca Central con su área de Tesario ya que los valores obtenidos sobrepasan el valor máximo establecido por la normativa de referencia.

CAPÍTULO VII

7.0 RECOMENDACIONES

1. Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos, se sugiere a las autoridades de las diferentes facultades en estudio iniciar un tratamiento adecuado del manejo a la exposición de MP para proteger a trabajadores e iniciar acciones que beneficien la salud de los suyos como facilitar equipo de protección personal, principalmente a nivel respiratorio, además, se sugieren técnicas de higiene ocupacional como rotar el personal total o parcialmente.
2. A futuros investigadores, para establecer los puntos de muestreo se sugiere delimitar el área de muestreo e identificar las fuentes de exposición. De forma general se recomienda realizar los muestreos a una altura de un metro y, a una distancia horizontal de 1.5 metros entre cada punto.
3. A futuros investigadores, si se requiere conocer la exposición a la que se encuentra expuesta cada persona, se debe colocar un equipo portátil con una bomba que succiona aire a la altura del cuello de cada persona evaluada, que deberá contar con un filtro donde se capture el material particulado por el tiempo que se considere de importancia.
4. A futuras investigaciones, se recomienda realizar las mediciones de material particulado en trampas con filtros, para poder analizar posteriormente la composición de dicho material particulado, así mismo, se sugiere hacer comparaciones entre métodos de lectura directa e indirecta para evaluar si hay discrepancias entre ambos métodos, así como, validar los métodos analíticos de medición.
5. En muchos puntos de muestreo de las áreas estudiadas en la Universidad de El Salvador, los niveles determinados sobrepasaron los niveles máximos permitidos, por tal motivo, se sugiere a las autoridades encargadas de la seguridad industrial de las facultades en estudio especialmente aquellas cuyos valores obtenidos sobrepasan la normativa de referencia, realizar monitoreos ambientales de MP periódicamente en

espacios cerrados, acompañado de esto, establecer protocolos de limpiezas en áreas cerradas donde se encuentre personal laborando, los referidos protocolos deberán incluir limpieza en estantes ya que estos constituyen un foco de contaminación por MP sedimentado, limpieza y mantenimiento de aires acondicionados, retiro de todo inmobiliario en mal estado y equipo ajeno a las actividades del área, todo esto con el fin de garantizar al trabajador una exposición a MP aceptable según la normativa de referencia.

6. En vista de los resultados obtenidos en este estudio, se les proporcionará a las autoridades competentes de cada facultad, específicamente aquellas facultades cuyos valores sobrepasaron la normativa de referencia, un reporte con los resultados obtenidos, para que tomen cartas en el asunto con el fin de garantizar bienestar en materia de salud al trabajador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Alexis Viena Ramírez (2018) Determinación de la concentración de Material Particulado respirable influenciado por el tráfico vehicular en la carretera Calzada Soriter. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Mayobamba Perú.
- 2 Guía metodológica para la estimación de emisiones de MP2.5 <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/695/queson.pdf>.
- 3 Ramírez Torres. Lourdes (2008). Determinación de Material Particulado fino en escuelas públicas del distrito de Caguas II. Tesis de graduación, Universidad de Turabo. Gurabo, Puerto Rico 61-74.
- 4 Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA) (Consultado: 25 de mayo 2021). Disponible en <https://espanol.epa.gov>
- 5 Gómez Rosa; Filigrana Paola; Méndez Fabián (2018) Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. Universidad del Valle Cali, Colombia.
- 6 Flores, Damian (2018) Monitoreo ambiental micológico en ambientes internos del área histórica de la biblioteca general de la Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador, Universidad del Ecuador.
- 7 Organización Mundial de la Salud (OMS). Guía de la calidad del aire (Consultado: 03 de enero 2022) Disponible en: <http://www.oms.com>.
- 8 Salinas Vio, Paulina A. (2012). Contaminación atmosférica por Material Particulado y consultas de urgencias por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo Mayo- Julio, año 2010. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 5-42.
- 9 Quintanilla Hernández, Carlos N. y Rivera Rodríguez Miriam Y. (2003). Determinación de partículas respirables y hongos microscópicos en interiores de seis bibliotecas de la Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. Universidad Nacional de El Salvador. 10-124.
- 10 Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) (Consultado: 2021) Disponible en: <https://www.osha.gov>.
- 11 CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología El Salvador). Norma salvadoreña. NSO 13.11.01:0 Calidad del aire ambiental inmisiones atmosféricas.

(Consultada el 04 de marzo de 2021) Disponible:
www.ccad.ws/documentos/legislacion/ES/NSO13110101.

- 12 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) Resultado de monitoreo de Material Particulado, PM_{2.5}, en el área Metropolitana de San Salvador Año 2017. (Consultado: 20 de mayo 2021) Disponible en: <https://marn.gob.sv/>
- 13 Asas Toapanta, Jairo F. (2018). La exposición a Material Particulado y su repercusión en la salud de los trabajadores en el sector industrial carroceros, Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato 25-68.
- 14 Arciniegas Suárez, César A. (2011). Diagnóstico y control de Material Particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀. Caldas, Colombia. Revista *Luna Azul* ISSN 4, 347-356.
- 15 Centro de conservación de la Biblioteca Nacional de Colombia (2016) Informe técnico sobre las mediciones de Material Particulado en la Biblioteca Nacional de Colombia durante el año 2016. Colombia. Autor.
- 16 Fernández, Juan C.; Varona, Marcela; Ibáñez, Milcíades (2014) Evaluación de la exposición laboral a Material Particulado en empresas pertenecientes a diferentes sectores económicos en Colombia. Bogotá, Colombia. Tesis de post grado. Universidad Rosario 89-120.
- 17 Martín Paula (2005) Contaminación del aire por Material Particulado en la ciudad del Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires.
- 18 Meléndez Gélvez, Iván; Martínez Montañez, Mónica L. y Quijano Parro, Alonso (2012). Actividad mutagénica y genotóxica en el Material Particulado fracción respirable MP 2.5 en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Medellín, Colombia. Revista *IATREA*. Vol. 25, 4, 347-356.
- 19 Motocanche Ayala, Diego R. (2019) Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de Material Particulado PM₁₀ y PM 2.5 en la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna, Tacna, Ecuador. Universidad Privada de Tacna. 19-44.
- 20 Observatorio de Salud Medio Ambiente de Andalucía (2011) Calidad del Aire Interior, España. 5

- 21 Oyarzun, Manuel (2010). Contaminación área y sus efectos en la salud. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 16-25.
- 22 Parrales Briones, Henry A. (2019). Afecciones respiratorias en trabajadores expuestos a Material Particulado. Quito, Ecuador. Universidad Internacional del Ecuador. 5-7.
- 23 Rangel Gena Arturo (2014). Determinación de los niveles de exposición a Monóxido de Carbono y partículas PM2.5 en los usuarios del transporte público del periférico de la ciudad de Morelia, evaluando dos tipos diferente de transporte. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- 24 Ruiz, Juan S.; Pabón Paola A. (2015). Evaluación de los niveles de estrés térmico, Material Particulado total y luminosidad en el interior de las taquillas de las estaciones de Transmilenio. Tesis de graduación, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia 28-49.
- 25 Sandoval, Mónica; Solano, Nicolás M.; Guadrón, Laura K. y Méneses. Julia C. (2020). Valoración de niveles de la calidad del aire en espacios interiores de institución de educación superior. Revista Agunkuyaa. Universidad Santo Tomas Floridablanca, Santander, Colombia 55-66
- 26 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología de México (2011). Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM2.5. México. Autor.

ANEXOS

ANEXO N.º 1

**IMÁGENES DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE MATERIAL
PARTICULADO EN LAS ADMINISTRACIONES ACADÉMICAS Y
BIBLIOTECAS DEL ESTUDIO**

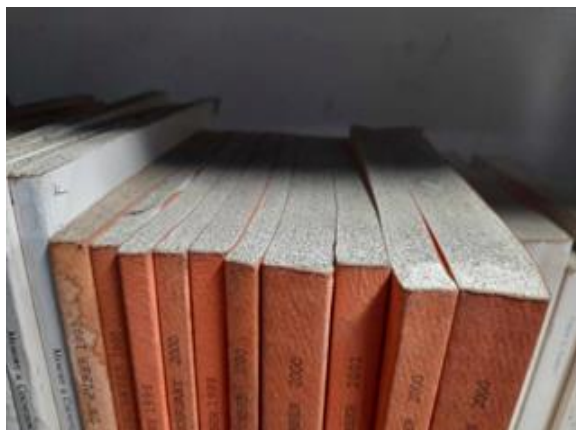
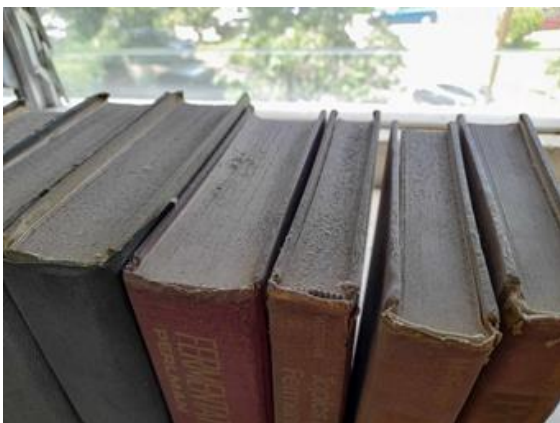


Figura N°59. Material Particulado sedimentado en ejemplares en la Biblioteca de la Facultad Ingeniería y Arquitectura.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°60. Medición de MP2.5 y MP10 en los puntos de muestreo establecidos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°61. Material Particulado sedimentado en ejemplares en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°62. Material Particulado sedimentado en ejemplares en la Biblioteca de la Facultad de Medicina.

Fuente: Elaboracion propia.



Figura N°63. Documentación acumulada Biblioteca de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°64. Fuentes de producción de MP identificados en la Administración Académica de la Facultad de Medicina.

Fuente: Elaboración propia.

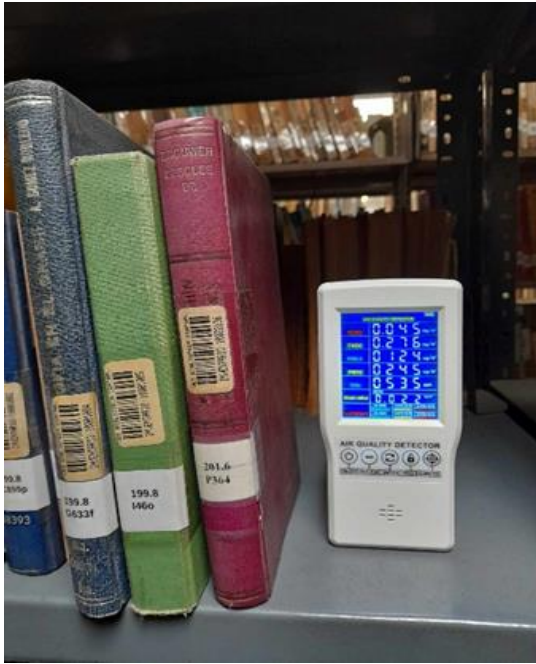


Figura N°65. Mediciones de MP2.5 Y MP10 en Biblioteca Central

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°66. Material Particulado sedimentado en Tesario de Biblioteca Central.

Fuente: Elaboración propia