



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA
E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, EN LA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC**

Julio Ricardo Díaz Papa

Asesorado por: Ing. MSC Erwin Manuel Ortiz Castillo

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE
QUÍMICA E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, EN
LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JULIO RICARDO DÍAZ PAPA

ASESORADO POR: INGENIERO ERWIN MANUEL ORTIZ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

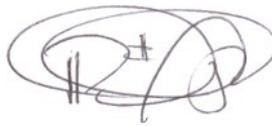
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Byron René Aguilar Cuc
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 2 de noviembre de 2007.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a central vertical stroke, enclosed within a faint oval shape.

Julio Ricardo Díaz Papa



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Guatemala, 27 de Agosto de 2008.

Ing. Msc. Williams Alvarez Mejia.
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería de la Universidad
De San Carlos de Guatemala.
Ciudad Universitaria.
Zona 12.

Estimado Ingeniero Alvarez.

Por este medio comunico a Ud., que he asesorado el trabajo de graduación titulado: "REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC.", desarrollado por el estudiante Universitario Julio Ricardo Díaz Papa, con número de carnet 200213030, para optar al Título de Ingeniero Químico.

En mi calidad de asesor, procedí a supervisar el trabajo de protocolo, del desarrollo del trabajo, y del informe final que resume lo efectuado y llegó a la conclusión que dicho informe es una fuente de información útil para la Escuela de Ingeniería Química por cuanto cumple con los requisitos exigidos por el POA como parte de los compromisos adquiridos por la Escuela de Ingeniería Química en el proceso de acreditación de la Carrera de Ingeniería Química en cuanto a mejora y ampliación de instalaciones.

Este estudio comprende una propuesta técnica en cuanto al requerimiento del espacio físico, así como, de la distribución de los ambientes de dos laboratorios para el área de Química como lo son el área de laboratorios, una área de profesores auxiliares, un área para el jefe de laboratorios, una área para profesores, un salón para sesiones, una biblioteca, áreas para bodega de reactivos, una área para lockers, una área para baños de hombres y mujeres separados, una área para ascensor, una área para informática, comprende también una área para parqueos en el sótano, una área de parqueos en el primer nivel, corredores y escaleras, incluye los requerimientos en mobiliario, equipo, cristalería como parte de la inversión inicial, además incluye el presupuesto correspondiente a la operación y mantenimiento anual en los rubros que en ellos se indica. Se incluyen aspectos y especificaciones técnicas desde el punto de vista de la seguridad industrial.

Este estudio tiene contemplado que los laboratorios y sus ambientes sean parte de un segundo nivel de un edificio contemplado inicialmente de 4 niveles que albergara otros laboratorios especializados que puedan irse incorporando a futuro.

Cabe mencionar que aunado a esto se tendrán que realizar los estudios de Análisis de suelos, diseño estructural, diseño de las instalaciones eléctricas, sanitarias y su tratamiento, la evaluación de impacto ambiental, el análisis de inversión del edificio, aunque se vaya realizando por etapas en el tiempo o sea se vaya construyendo nivel por nivel. Lo que si debe quedar previsto es que es para un edificio de 4 niveles.

Por lo anterior, considero que el trabajo de graduación cumple con los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Química ya que va en beneficio de la misma y, esta de acuerdo con las capacidades y competencias de nuestros estudiantes, por lo que dejó constancia de aprobación para su impresión y posterior divulgación.

En espera de que ustedes queden igualmente satisfechos con el presente trabajo de graduación me suscribo atentamente,

Ing. Q. Msc. Erwin Manuel Ortiz Castillo. MAI.
Profesor Titular de Química Orgánica.
Asesor de trabajo de graduación.

cc. archivo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 03 de Noviembre de 2008
Ref. EI.Q.327.2008

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-102-08-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **JULIO RICARDO DÍAZ PAPA**, identificado con carné No. 2002-13030, titulado: "REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC", el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico Erwin Manuel Ortiz Castillo, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Díaz Papa** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.



ESCUELA DE
INGENIERÍA QUÍMICA

COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación

C.c.: archivo



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía, M.Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación del estudiante **Julio Ricardo Díaz Papa** titulado: **“REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA E IMPLANTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC”**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M.Sc.
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, noviembre de 2,008

C.c.: archivo

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.442.08

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS LABORATORIOS DE QUÍMICA, EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA USAC**, presentado por el estudiante universitario **Julio Ricardo Díaz Papa**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Noviembre de 2008

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por ser mi guía y mi refugio y permitirme culminar esta etapa importante en mi vida.
- Mi madre** Sonia Magaly, por su amor incondicional y sabias enseñanzas en todos los aspectos de mi vida y por ser más que mi madre, mi amiga.
- Mi hermano** Carlos, por su amor, apoyo y comprensión en todo momento.
- Mi sobrino** Carlos Eduardo, por su ternura y amor.
- Mis abuelos** Por su amor y enseñanzas.
- Mis tíos y primos** Por su cariño.
- Mis amigos** Por su cariño y todas las experiencias y momentos compartidos a lo largo del tiempo.
- Mis compañeros de trabajo** Por su ayuda y cariño en mi formación laboral.
- Ing. Erwin Ortiz** Por su asesoría, apoyo incondicional y sabiduría durante mi carrera estudiantil.
- Inga. Lizely De León** Por su colaboración y tiempo dedicado en la revisión de esta investigación.

Universidad de San Carlos de Guatemala

En especial a la Facultad de Ingeniería

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien era, quien es y quien ha de venir, mi luz y fuente de inspiración.
Mi madre	Sonia Magaly Pappa Sosa.
Mi hermano	Carlos Enrique Díaz Pappa.
Mi sobrino	Carlos Eduardo Díaz García.
Mis abuelos	Marta Sosa, María Luisa Márquez y Francisco Díaz.
Mis tíos	Sandra Alejandrina, Magnolia Consuelo y Juan José.
Mis primos	Marta, Heidy, Jorge, Roberto, Marlon, Claudia, Patty, Brandon y Juan.
Mi cuñada	Cessil García.
Mis amigos	Vicky, Luis Fernando, Michelle, Mariela, Ana Bolena, Vivi, Marcia, Fernando, Javier, Raúl, Rubén, Adolfo, Rodolfo, Alicia, Susan, Ilda, Mónica, Carol, Iván, Claudia, Rossy y Glendys.
Mis compañeros de trabajo	Aida, Mirla, Yasmin, Isabel, Raúl y Noemí.
Ingenieros	Erwin Ortiz, Williams Álvarez y Lizely De León.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Normas generales de seguridad en los laboratorios.....	1
1.1.1 Evacuación, emergencia, seguridad.....	1
1.1.2 Normas generales de trabajo en el laboratorio.....	1
1.1.2.1 Hábitos de conducta.....	1
1.1.2.2 Hábitos de trabajo a respetar en los laboratorios.....	2
1.1.3 Identificación y etiquetado de productos químicos.....	3
1.1.4 Almacenamiento de productos químicos.....	3
1.1.5 Manipulación de productos químicos.....	4
1.1.6 Eliminación de residuos.....	5
1.1.7 Primeros auxilios.....	5
1.2 Identificación de los productos químicos.....	5
1.3 Almacenamiento de productos químicos.....	7
1.3.1 Reducción al mínimo de existencias.....	7
1.3.2 Separación.....	8
1.3.3 Sustitución y aislamiento de productos químicos.....	10
1.3.3.1 Sustitución.....	10
1.3.3.2 Aislamiento.....	10

1.4	Manipulación de los productos químicos.....	11
1.5	Manejo de residuos en el laboratorio.....	12
1.5.1	Residuos asimilables a urbanos reciclables.....	13
1.5.1.1	Plástico, papel y cartón.....	13
1.5.1.2	Vidrio.....	13
1.5.2	Residuos químicos peligrosos.....	14
1.6	Equipos de protección individual de uso habitual en laboratorios químicos.....	14
1.6.1	Protección de las manos.....	14
1.6.2	Protección de los ojos.....	15
1.7	Equipos de seguridad de protección colectiva.....	15
1.7.1	Extintores.....	15
1.7.2	Mantas ignífugas.....	15
1.7.3	Material o tierra absorbente.....	16
1.7.4	Campanas extractoras.....	16
1.7.5	Lavaojos.....	16
1.7.6	Duchas de seguridad.....	17
1.8	Derrames de productos químicos peligrosos.....	18
1.8.1	Actuación en caso de vertidos: procedimientos generales.....	18
1.8.2	Tipo de derrames.....	18
1.8.2.1	Líquidos inflamables.....	18
1.8.2.2	Ácidos.....	19
1.8.2.3	Bases.....	19
1.8.2.4	Otros líquidos no inflamables, ni tóxicos, ni corrosivos.....	19
1.8.2.5	Actuación en caso de otro tipo de vertidos.....	19
1.8.3	Eliminación.....	20
1.9	Planificación de las prácticas.....	20
1.10	Material de laboratorio: material de vidrio.....	21

1.10.1	Riesgos asociados a la utilización del material de vidrio.....	21
1.10.2	Medidas de prevención frente a estos riesgos.....	22
1.11	Actuaciones en caso de emergencia. primeros auxilios.....	23
1.11.1	Fuego en el laboratorio.....	23
1.11.2	Fuego en la ropa.....	23
1.11.3	Quemaduras.....	23
1.11.4	Cortes.....	23
1.11.5	Derrame de productos químicos sobre la piel.....	24
1.11.6	Actuación en caso de que se produzcan corrosiones en la piel.....	24
1.11.7	Actuación en caso de que se produzcan salpicaduras de productos corrosivos a los ojos.....	24
1.11.8	Actuación en caso de ingestión de productos químicos.....	25
1.12	Instalaciones del laboratorio.....	25
1.12.1	Principios generales.....	25
1.12.2	Diseño del laboratorio.....	25
1.12.2.1	Consideraciones generales.....	25
1.12.2.2	El laboratorio químico.....	27
1.12.3	Control del medio ambiente.....	28
1.12.4	Control de la limpieza.....	29
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	31
2.1	Localización.....	31
2.2	Recursos humanos.....	31
2.3	Situación actual.....	31
2.4	Observación.....	32
2.5	Estudio técnico de la remodelación del Laboratorio de Química.....	32
2.5.1	Justificación.....	32
2.5.2	Reseña histórica de la remodelación del Laboratorio de	

Química	32
2.6. Normas de diseño y seguridad industrial para laboratorios de	
Química.....	34
2.6.1 Normas de diseño de laboratorios.....	34
2.6.1.1 Paredes.....	34
2.6.1.2 Accesos.....	34
2.6.1.3 Protección de riesgo especial.....	36
2.6.1.4 Protección de explosión.....	36
2.6.1.5 Exigencias de seguridad vitalicia.....	37
2.6.2 Especificaciones técnicas del mobiliario.....	37
2.6.2.1 Requisitos generales del sistema.....	37
2.6.2.2 Mesas de trabajo y galerías de apartados.....	38
2.6.2.2.1 Mesas murales y centrales.....	38
2.6.2.2.2 Superficies de trabajo.....	39
2.6.2.2.3 Repisas.....	40
2.6.2.2.4 Estanterías de seguridad.....	40
2.6.2.2.5 Estanterías inferiores.....	41
2.6.2.3 Fregaderos.....	41
2.6.2.4 Mesas antivibratorias para balanzas.....	42
2.6.2.5 Taburetes y sillas para laboratorios.....	42
2.6.3 Especificaciones técnicas de equipo.....	43
2.6.3.1 Centrífugas.....	43
2.6.3.2 Sistema de control de temperatura.....	43
2.6.3.3 Desecadores para vacío.....	44
2.6.4 Especificaciones técnicas de equipo de seguridad.....	45
2.6.4.1 Campanas extractoras.....	45
2.6.4.2 Duchas de seguridad y fuentes lavaojos.....	46
2.6.5 Especificaciones técnicas de equipo contra incendios.....	47
2.6.5.1 Alarmas.....	47

2.6.5.2	Extintores.....	47
2.6.5.3	Material o tierra absorbente.....	48
2.6.6	Iluminación.....	48
2.6.6.1	Cálculo de iluminación requerida.....	49
2.6.6.2	Elección de las lámparas y el luminario.....	51
2.6.6.3	Lúmenes iniciales.....	52
2.6.6.4	Área del ambiente a iluminar.....	53
2.6.6.5	Determinación del factor de mantenimiento.....	53
2.6.6.5.1	Factores no recuperables.....	53
2.6.6.5.1.1	Temperatura ambiente.....	53
2.6.6.5.1.2	Tensión de alimentación.....	54
2.6.6.5.1.3	Factor de balastro.....	54
2.6.6.5.1.4	Depreciación en las superficies del luminario.....	54
2.6.6.5.2	Factores recuperables.....	55
2.6.6.5.2.1	Depreciación por suciedad acumulada en las superficies del área.....	55
2.6.6.5.2.2	Lámparas quemadas.....	56
2.6.6.5.2.3	Depreciación de los lúmenes de las lámparas.....	56
2.6.6.5.2.4	Factor de depreciación por suciedad acumulada en el luminario.....	56
2.6.6.6	Determinación del coeficiente de utilización.....	58
2.6.6.6.1	División del ambiente en cavidades.....	58
2.6.6.6.2	Caracterización de las cavidades por su altura.....	59
2.6.6.6.3	Cálculo de las relaciones de cavidad.....	59
2.6.6.6.3.1	Relación de cavidad del cielo.....	59
2.6.6.6.3.2	Relación de cavidad del ambiente.....	60

2.6.6.6.3.3	Relación de cavidad del piso.....	60
2.6.6.6.4	Determinación de las reflectancias efectivas...	61
2.6.6.6.4.1	Determinación de la reflectancia efectiva del cielo.....	62
2.6.6.6.4.2	Determinación de la reflectancia efectiva del piso.....	63
2.6.6.6.5	Corrección del coeficiente de utilización.....	66
2.6.6.7	Determinación del número de luminarias.....	67
2.6.6.8	Distribución de los luminarios.....	67
2.6.6.8.1	Determinación del área por número de luminarios.....	68
2.6.6.8.2	Distribución de los luminarios.....	68
2.6.6.8.2.1	Cálculo del error.....	69
2.6.6.8.3	Distancia entre luminarios.....	70
2.6.7	Carpeta de toxicidades de reactivos.....	72
2.6.8	Rutas de evacuación.....	75
2.6.8.1	Evacuación por alarma contra incendios.....	75
2.6.9	Ventilación.....	76
2.6.10	Pisos.....	79
2.6.11	Drenajes.....	80
2.6.11.1	Detalle del sistema.....	80
2.6.11.2	Canales.....	80
2.6.11.3	Sumideros y pozos de desagüe.....	81
2.6.11.4	Reducción de costos de instalación.....	81
2.6.11.5	Requerimiento.....	81
2.6.12	Tuberías.....	82
2.6.12.1	Consideraciones generales y criterios de diseño.....	82
2.6.12.2	Procedimiento de diseño de tuberías.....	82
2.6.12.3	Normas de diseño.....	83

2.6.12.4 Agua.....	84
2.6.12.5 Gas propano.....	84
2.6.12.6 Electricidad.....	85
2.7 Estudio técnico de diseño de nuevos laboratorios.....	85
2.7.1 Ubicación.....	85
2.7.2 Requerimientos de espacio en edificios de varios niveles.....	86
2.7.3 Distribución de laboratorios, cubículos y servicios sanitarios.....	86
3. RESULTADOS.....	87
3.1 Presupuesto de equipamiento de los nuevos laboratorios.....	87
3.1.1 Reactivos.....	87
3.1.2 Equipo y cristalería.....	88
3.1.3 Mobiliario, drenajes y tuberías.....	97
3.1.4 Costo total.....	97
3.1.5 Fuentes de financiamiento.....	98
3.2 Planos de los nuevos laboratorios.....	99
3.3 Distribución de planta.....	103
3.3.1 Diagramas de flujo.....	103
3.3.2 Diagramas de recorrido.....	105
3.4 Distribución del mobiliario y equipo del laboratorio.....	107
4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	109
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Incompatibilidades de almacenamiento de algunos productos químicos peligrosos	9
2	Depreciación por suciedad acumulada	57
3	División del ambiente en cavidades	58
4	Distribución de luminarios	72
5	Plano del segundo nivel acotado, propuesta A	99
6	Plano del segundo nivel acotado, propuesta B	100
7	Plano del segundo nivel con detalle del mobiliario, propuesta A	101
8	Plano del segundo nivel con detalle del mobiliario, propuesta B	102
9	Plano de planta del laboratorio acotado	103
10	Plano del parqueo de catedráticos (sótano 1) acotado	104
11	Plano de planta del laboratorio con detalle del mobiliario	105
12	Plano del parqueo de catedráticos (sótano 1) sólo mostrando el detalle de la distribución de los vehículos y las rutas de acceso	106
13a	Fotografía del mobiliario	107
13b	Fotografía del mobiliario	108

TABLAS

I	Rangos de los ambientes de iluminación	49
II	Valores de iluminancia requeridos	50
III	Factores de peso	50
IV	Resumen de información de los factores de peso	51
V	Lúmenes iniciales y vida útil de las lámparas	52
VI	Depreciación por suciedad acumulada	55
VII	Coeficientes de reflexión	61
VIII	Reflectancias del techo	62
IX	Reflectancias del piso	63
X	Reflectancias efectivas del piso del 20%	64
XI	Factores de multiplicación para reflectancias del piso	65
XII	Reflectancias del piso para 71%	66
XIII	Renovación del aire	77
XIV	Constante de proporcionalidad	79
XV	Presupuesto para reactivos	87
XVI	Presupuesto para equipo y cristalería	88
XVII	Presupuesto para mobiliario, drenajes y tuberías	97
XVIII	Presupuesto de inversión, operación y mantenimiento para el laboratorio	97

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área en m ²
l	Largo en m
a	Ancho en m
h	Altura en m
f_{TA}	Factor de temperatura ambiente
f_v	Tensión de alimentación
f_b	Factor de balastro
DSL	Depreciación en las superficies del luminario
DSASL	Depreciación por suciedad acumulada en las superficies del área
LQ	Lámparas quemadas
LLD	Depreciación de los lúmenes de las lámparas
LDD	Factor de depreciación por suciedad acumulada en el luminaria
FM	Factor de mantenimiento
h_{CC}	Altura de la cavidad del cielo
h_{CA}	Altura de la cavidad del ambiente
h_{CP}	Altura de la cavidad del piso
RCC	Relación de cavidad del cielo en m
RCA	Relación de cavidad del ambiente en m
RCP	Relación de cavidad del piso en m
ρ_{CC}	Reflectancia efectiva del cielo en %
ρ_{CP}	Reflectancia efectiva del piso en %
CU_{preliminar}	Coefficiente de utilización preliminar
CU	Coefficiente de utilización

N	Número de luminarios
E	Iluminancia requerida en lux Número de lámparas por luminario
n	
$\Phi_{\text{lámp}}$	Lúmenes iniciales emitidos por cada lámpara en lumen
Er	Error en %
d₁	Espaciamiento entre centros de lámparas a lo largo en m
d₂	Espaciamiento entre centros de lámparas a lo ancho en m
n_{largo}	Número de luminarios a lo largo
n_{ancho}	Número de luminarios a lo ancho
Q₁	Flujo de aire en m ³ /h
Q₂	Flujo de aire en m ³ /h
No-renovaciones	Número de renovaciones en h ⁻¹
V_{aire}	Volumen de aire en m ³
A_{mín.}	Área mínima de ventilación en m ²
c	Constante de proporcionalidad
\vec{v}_{aire}	Velocidad del viento en m/h

GLOSARIO

Altura de montaje	Distancia entre el plano de trabajo y la horizontal imaginaria sobre la cual se sitúa el luminario.
Carpeta de toxicidades	Documento que muestra una serie de datos sobre un producto químico, los cuales son de utilidad para conocer los peligros y cuidados especiales que se deben tener durante su manipulación.
Cavidad zonal	Distancia imaginaria que separa un ambiente de otro.
Coeficiente de utilización	Relación entre la cantidad de lúmenes que inciden en un plano de trabajo y la cantidad total de lúmenes emitidos por un luminario o conjunto de luminarios.
Factor de mantenimiento	Relación entre la cantidad de lúmenes mantenidos en promedio durante el tiempo de vida útil de un luminario y sus lúmenes iniciales.
Lúmenes iniciales	Cantidad de lúmenes emitidos por una lámpara o un luminaria después de cien horas de uso.
Número de renovaciones	Cantidad de veces que se debe renovar el aire

para que haya una adecuada ventilación del ambiente.

Plano de trabajo

Superficie que se desea iluminar, sobre la cual se ubica el elemento principal de la actividad.

Reflectancia

Propiedad de los cuerpos de reflejar cierta cantidad del total de la luz que incide sobre ellos.

RESUMEN

El trabajo que se presenta detalla el diseño de dos nuevos laboratorios de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la USAC, tomando en cuenta factores de seguridad e higiene industrial, como la iluminación y ventilación necesarias, así como las normas de diseño para su construcción.

Con el proyecto, se profundizó en el estudio del mejor diseño, maximizando el espacio físico con que se cuenta, lo cual se refleja en los diversos planos que se presentan, incluyendo el detalle de la reestructuración de los parqueos, ya que el proyecto se llevará a cabo sobre el parqueo de catedráticos, enfrente del edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería.

Así mismo, se muestran los presupuestos para el equipamiento, detallando el mobiliario, equipo, cristalería y reactivos requeridos, los drenajes y tuberías, así como rubros del personal necesario para cubrir las tareas que conlleva la puesta en marcha de los dos nuevos laboratorios para la adecuada atención de la población estudiantil.

Por último, para completar el estudio, se proponen fuentes de financiamiento para la realización del proyecto.

OBJETIVOS

General:

- Formular un proyecto para la creación de nuevos laboratorios para la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos:

1. Realizar un estudio técnico de diseño e implantación de dos nuevos laboratorios que pueden ser construidos en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería, para uso de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como el presupuesto que se requiere para equiparlos.
2. Elaborar un plan de seguridad industrial para la creación de los laboratorios propuestos.
3. Proponer posibles fuentes de financiamiento para la realización del proyecto.
4. Realizar una distribución de planta, tomando en cuenta factores de seguridad industrial.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de creación de nuevos laboratorios de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la USAC pretende presentar un plan de trabajo para su realización.

El proyecto consiste en implementar dos nuevos laboratorios en el área del parqueo de la parte posterior del edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería, así como un rediseño de los parqueos, para no afectar los requerimientos actuales de espacio.

Para su realización, se elaborará un estudio económico, incluyendo los costos de cristalería y equipo para su implementación, así como planos que den una idea general del proyecto, tomando en cuenta la seguridad industrial que conlleva el proyecto, así como factores de iluminación y distribución de planta.

Se tomarán como referencia normas internacionales para la implementación y remodelación de laboratorios, así como diseños adecuados de la distribución del área física con que se cuenta, con el propósito de lograr un óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles.

1. MARCO TEÓRICO

Normas generales de seguridad en los laboratorios

Evacuación, emergencia, seguridad

Los dispositivos de seguridad y las rutas de evacuación deben estar señalizados. Antes de iniciar el trabajo en el laboratorio, familiarizarse con la localización y uso de los siguientes equipos de seguridad:

Extintores, mantas ignífugas, material o tierra absorbente, campanas extractoras de gases, lavaojos, ducha de seguridad, botiquines, etc.

Se debe leer la etiqueta y/o las fichas de seguridad de los productos químicos antes de utilizarlos por primera vez.

Normas generales de trabajo en el laboratorio

Hábitos de conducta

- Por razones higiénicas y de seguridad está prohibido fumar en el laboratorio.
- No comer ni beber en el laboratorio, ya que los alimentos o bebidas pueden ser contaminados por productos químicos.
- No guardar alimentos ni bebidas en los frigoríficos del laboratorio.
- En el laboratorio no se deben realizar reuniones o celebraciones.
- Mantener abrochados batas y vestidos.
- Llevar el pelo recogido.
- No llevar pulseras, colgantes, mangas anchas ni prendas sueltas que puedan engancharse en montajes, equipos o máquinas.
- Lavarse las manos antes de dejar el laboratorio.

- No dejar objetos personales en las superficies de trabajo.
- No usar lentes de contacto ya que, en caso de accidente, los productos químicos o sus vapores pueden provocar lesiones en los ojos e impedir retirar las lentes. Usar gafas de protección superpuestas a las habituales.

Hábitos de trabajo a respetar en los laboratorios

- Trabajar con orden, limpieza y sin prisa.
- Mantener las mesas de trabajo limpias y sin productos, libros, cajas o accesorios innecesarios para el trabajo que se está realizando.
- Es recomendable llevar ropa específica para el trabajo (bata). Cuidado con los tejidos sintéticos.
- Utilizar las campanas extractoras de gases siempre que sea posible.
- No utilizar nunca un equipo de trabajo sin conocer su funcionamiento. Antes de iniciar un experimento asegurarse de que el montaje está en perfectas condiciones.
- Si el experimento lo requiere, usar los equipos de protección individual determinados (guantes, gafas).
- Utilizar siempre gradillas y soportes.
- No trabajar separado de las mesas.
- Al circular por el laboratorio se debe ir con precaución, sin interrumpir a los que están trabajando.
- No efectuar pipeteos con la boca: emplear siempre un pipeteador.
- No utilizar vidrio agrietado, el material de vidrio en mal estado aumentar el riesgo de accidente.
- Tomar los tubos de ensayo con pinzas o con los dedos (nunca con toda la mano). El vidrio caliente no se diferencia del frío.
- Comprobar cuidadosamente la temperatura de los recipientes, que hayan estado sometidos a calor, antes de cogerlos directamente con las manos.
- No forzar directamente con las manos cierres de botellas, frascos, llaves de paso, etc. que se hayan obturado. Para intentar abrirlos emplear las

protecciones individuales o colectivas adecuadas: guantes, gafas, campanas.

- Desconectar los equipos de agua y gas al terminar el trabajo.
- Dejar siempre el material limpio y ordenado. Recoger los reactivos, equipos, etc. al terminar el trabajo.
- Emplear y almacenar sustancias inflamables en las cantidades imprescindibles.

Identificación y etiquetado de productos químicos

- Se debe leer la etiqueta o consultar las fichas de seguridad de productos antes de utilizarlos por primera vez.
- Etiquetar adecuadamente los frascos y recipientes a los que se haya transvasado algún producto o donde se hayan preparado mezclas, identificando su contenido, a quién pertenece y la información sobre su peligrosidad (si es posible, reproducir el etiquetado original).
- Todo recipiente que contenga un producto químico debe estar etiquetado.
- No utilizar productos químicos de un recipiente no etiquetado. No superponer etiquetas ni rotular o escribir sobre la original.

Almacenamiento de productos químicos

- Se debe llevar un inventario actualizado de los productos almacenados, indicando la fecha de recepción o preparación y la fecha de la última manipulación.
- Es conveniente reducir al mínimo las existencias, teniendo en cuenta su utilización así como separar los productos según los pictogramas de peligrosidad, no almacenando, solamente, por orden alfabético.

- Los productos cancerígenos, muy tóxicos o inflamables, se deben aislar y almacenar en armarios adecuados y con acceso restringido. Si es posible, se deben sustituir por otros de menor peligro o toxicidad.

Manipulación de productos químicos

- Leer atentamente las instrucciones antes de realizar una práctica.
- Todos los productos químicos han de ser manipulados con mucho cuidado ya que pueden ser tóxicos, corrosivos, inflamables o explosivos. No olvidar leer las etiquetas de seguridad de reactivos.
- Los frascos y botellas deben cerrarse inmediatamente después de su utilización. Se deben transportar cogidos por la base, nunca por la tapa o tapón.
- No inhalar los vapores de los productos químicos. Trabajar siempre que sea posible y operativo en campanas, especialmente cuando se trabaje con productos corrosivos, irritantes, lacrimógenos o tóxicos.
- No probar los productos químicos.
- Evitar el contacto de productos químicos con la piel, especialmente si son tóxicos o corrosivos. En estos casos, se debe utilizar guantes de un solo uso.
- El peligro mayor del laboratorio es el fuego. Se debe reducir al máximo la utilización de llamas vivas en el laboratorio, por ejemplo la utilización del mechero Bunsen. Es mejor emplear mantas calefactoras o baños. Para el encendido de los mecheros Bunsen, se debe emplear encendedores piezoeléctricos largos, nunca cerillas, ni encendedores de llama.
- No calentar nunca líquidos en un recipiente totalmente cerrado.
- No llenar los tubos de ensayo más de dos o tres centímetros. Calentar los tubos de ensayo de lado y utilizando pinzas. Orientar siempre la abertura de los tubos de ensayo o de los recipientes en dirección contraria a las personas próximas.

- Los derrames, aunque sean pequeños, deben limpiarse inmediatamente. Si se derraman sustancias volátiles o inflamables, apagar inmediatamente los mecheros y los equipos que puedan producir chispas.

Eliminación de residuos

- Minimizar la cantidad de residuos desde el origen, limitando la cantidad de materiales que se usan y que se compran.
- Depositar en contenedores específicos y debidamente señalizados:
 - El vidrio roto, el papel y el plástico
 - Los productos químicos peligros
 - Los residuos biológicos

Primeros auxilios

En un lugar visible del laboratorio debe colocarse toda la información necesaria para la actuación en caso de accidente: qué hacer, a quién avisar, números de teléfono, direcciones y otros datos de interés.

Identificación de los productos químicos

Antes de manipular un producto químico, deben conocerse sus posibles riesgos y los procedimientos seguros para su manipulación mediante la información contenida en la etiqueta o la consulta de las fichas de datos de seguridad de los productos.

Estas últimas dan una información más específica y completa que las etiquetas y si no se dispone de ellas se deben solicitar al fabricante o suministrador.

La etiqueta debe indicar la siguiente información:

- Nombre de la sustancia.
- Símbolo e indicadores de peligro, mediante uno o varios pictogramas normalizados.
- Frases tipo que indican los riesgos específicos derivados de los peligros de la sustancia (frases R).
- Frases tipo que indican los consejos de prudencia en relación con el uso de la sustancias (frases S).

El contenido informativo de la ficha de datos de seguridad de una sustancia debe ser el siguiente:

- Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización
- Composición o información sobre los componentes
- Identificación de los peligros.
- Primeros auxilios.
- Medidas de lucha contra incendios.
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.
- Manipulación y almacenamiento.
- Controles de exposición/protección individual.
- Propiedades físico-químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Informaciones toxicológicas.
- Informaciones ecológicas.
- Consideraciones relativas a la eliminación.
- Informaciones relativas al transporte.
- Informaciones reglamentarias.
- Otras consideraciones (variable, según fabricante o proveedor).

La hoja de datos de seguridad debe estar redactada en español.

Almacenamiento de productos químicos

Los envases de todos los compuestos químicos deberán estar claramente etiquetados con el nombre químico y los riesgos que produce su manipulación.

Es obligación de todo el personal leer y seguir estrictamente las instrucciones del fabricante.

El almacenamiento prolongado de los productos químicos representa en sí mismo un peligro, ya que dada la propia reactividad intrínseca de los productos químicos pueden ocurrir distintas transformaciones:

- El recipiente que contiene el producto puede atacarse y romperse por sí solo.
- Formación de peróxidos inestables con el consiguiente peligro de explosión al destilar la sustancia o por contacto.
- Polimerización de la sustancia que, aunque se trata en principio de una reacción lenta, puede en ciertos casos llegar a ser rápida y explosiva.
- Descomposición lenta de la sustancia produciendo un gas cuya acumulación puede hacer estallar el recipiente.

Se indican cuatro líneas de actuación básicas para alcanzar un almacenamiento adecuado y seguro: reducir, separar, aislar y sustituir.

1.3.1 Reducción al mínimo de existencias

Mantener el stock al mínimo operativo redundará en aumento de la seguridad. Este tipo de acción es particularmente necesaria en el caso de sustancias muy inflamables o muy tóxicas, cuya cantidad almacenada debe ser limitada. Esta medida de seguridad supone realizar varios pedidos o solicitar el suministro del pedido por etapas.

Realizar periódicamente un inventario de los reactivos para controlar sus existencias y caducidad y mantener las cantidades mínimas imprescindibles. Es conveniente disponer de un lugar específico (almacén, preferiblemente externo al laboratorio) convenientemente señalizado, guardando en el laboratorio solamente los productos imprescindibles de uso diario.

1.3.2 Separación

Una vez reducida al máximo las existencias, se deben separar las sustancias incompatibles. Es necesario recordar, que nunca debe organizarse un almacén de productos químicos simplemente por orden alfabético, sino que debe tenerse en cuenta además de la reactividad química, los pictogramas que indican el riesgo de cada sustancia química, siendo lo correcto separar, al menos: ácidos de bases, oxidantes de inflamables, y separados de éstos, los venenos activos, las sustancias cancerígenas, las peroxidables, etc.

Las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ), dan información útil en un apartado rotulado ALMACENAMIENTO que recoge condiciones de almacenamiento, señalando, en particular, incompatibilidades, tipo de ventilación necesaria, etc. Además de la reactividad química, los pictogramas que indican el riesgo de cada sustancia pueden servir como elemento separador, procurando alejar, lo más posible, sustancias con pictogramas diferentes.

En la figura 1 se muestra un esquema en el que se resumen las incompatibilidades de almacenamiento de los productos peligrosos.

Figura 1. Incompatibilidades de almacenamiento de algunos productos químicos peligrosos

					
	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+	Se pueden almacenar juntos
0	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
-	No deben almacenarse juntos

Las separaciones podrán efectuarse por estanterías, dedicando cada estantería a una familia de compuestos. Si es posible, se colocarán espacios libres entre las sustancias que presentan incompatibilidades entre si y si no es posible por falta de espacio, pueden utilizarse sustancias inertes como separadores.

Tanto las estanterías del almacén como durante el uso de los productos, se colocarán siempre que sea posible por debajo del nivel de los ojos.

Dentro de cada estantería, deben reservarse las baldas inferiores para la colocación de los recipientes más pesados y los que contienen sustancias más agresivas (como por ejemplo, ácidos concentrados).

Es necesario tener en cuenta el alto riesgo planteado por los compuestos peroxidables (por ejemplo: éter dietílico, tetrahidrofurano, dioxano, 1,2-dimetoxietano) al contacto con el aire. Siempre que sea posible, deberán contener un inhibidor, a pesar del cual, si el recipiente se ha abierto, y debido a que puede iniciarse la formación de peróxidos, no deben almacenarse más de seis meses, y

en general, más de un año, a no ser que contengan un inhibidor eficaz. Es necesario indicar en el recipiente, mediante una etiqueta, la fecha de recepción y de apertura del envase.

Comprobar que todos los productos están adecuadamente etiquetados, llevando un registro actualizado de productos almacenados. Se debe indicar la fecha de recepción o preparación y la fecha de la última manipulación.

1.3.3 Sustitución y aislamiento de productos químicos

1.3.3.1 Sustitución

Si es posible, se deben sustituir, los productos tóxicos o peligrosos por otros de menor riesgo.

Se ha determinado que varios reactivos químicos que se utilizan habitualmente en el laboratorio (benceno, cloroformo, tetracloruro de carbono, etc.) pueden producir cáncer. Estos productos se deben sustituir por otros menos peligrosos.

Un caso particular es la peligrosidad del cromo en estado de oxidación VI. El polvo de las sales de Cr (VI) es cancerígeno. Si no se pueden eliminar ni sustituir estos productos, se debe controlar la exposición, diseñando los procesos de trabajo de tal forma, que se evite o se reduzca al mínimo la emisión de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, a través, por ejemplo, de una ventilación adecuada.

1.3.3.2 Aislamiento

Ciertos productos requieren no solo la separación con respecto a otros, sino el aislamiento del resto, debido a sus propiedades fisicoquímicas. Entre estos productos se encuentran los cancerígenos, muy tóxicos o inflamables.

Los productos inflamables se deben almacenar en armarios (ignífugos, si la cantidad almacenada supera los 60 litros) con acceso restringido y con cubetas de retención.

Emplear frigoríficos antideflagrantes o de seguridad aumentada para guardar productos inflamables muy volátiles. No usar frigoríficos de uso doméstico.

Además, no se deben realizar trasvases de líquidos inflamables sin adoptar medidas de seguridad.

No deben utilizarse los recipientes de compuestos que formen peróxidos, después de un mes de su apertura. Los éteres deben comprarse en pequeñas cantidades y utilizarse en un período breve.

Emplear armarios específicos para corrosivos, especialmente si existe la posibilidad de la generación de vapores. Si no es posible se deben separar de los materiales orgánicos inflamables y almacenarlos cerca del suelo para minimizar el peligro de caída de las estanterías.

1.4 Manipulación de los productos químicos

Cualquier operación del laboratorio en la que se manipulen productos químicos presenta siempre algunos riesgos. *Para eliminarlos o reducirlos de manera importante es conveniente*, antes de efectuar cualquier operación:

- Manipular siempre la cantidad mínima de producto químico.
- Consultar las etiquetas y las fichas de seguridad de los productos.
- Etiquetar adecuadamente los reactivos distribuidos, incluso los trasvasados fuera de sus recipientes, en los que deben reproducirse las etiquetas originales de los productos e indicar la fecha de preparación y a quién pertenece.

- Hacer una lectura crítica del procedimiento a seguir. Eliminar los procedimientos inseguros, por ejemplo: trabajo sin vitrina de gases o manejo manual de recipientes calientes.
- Asegurarse de disponer del material adecuado.
- No utilizar nunca un equipo o aparato sin conocer perfectamente su funcionamiento. Establecer los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos, instalaciones y materiales a utilizar, al menos de los que pueden llevar asociado algún tipo de peligro.
- Determinar, a partir de la información obtenida de las fichas de seguridad, la necesidad de utilizar protección colectiva (por ejemplo campana extractora de gases) o individual (por ejemplo guantes o gafas), o disponer de equipos de protección colectiva o de emergencia (duchas y lavajos de emergencia) y verificar si están disponibles.
- Eliminar de fuentes de ignición con llama en trabajos con líquidos inflamables o disolventes orgánicos.
- Antes de comenzar un experimento, asegurarse de que los montajes y aparatos están en perfectas condiciones de uso.
- Planificar las prácticas con objeto de eliminar o disminuir los posibles riesgos.
- Especificar las normas, precauciones, prohibiciones o protecciones necesarias para eliminar o controlar los riesgos. Incluirlas en los guiones de prácticas, indicando la obligatoriedad de seguirlas.

1.5 Manejo de residuos en el laboratorio

Se debe establecer una metodología para la clasificación, recogida y destino de los residuos generados en el laboratorio, teniendo en cuenta que se debe minimizar la cantidad de residuos desde el origen, limitando la cantidad de materiales que se compran y que se usan.

Para la recogida selectiva se consideran los siguientes residuos generados en el laboratorio:

- Residuos asimilables a urbanos reciclables: envases de plástico, papel, cartón, vidrio, etc.
- Residuos químicos peligrosos.

1.5.1 Residuos asimilables a urbanos reciclables

En este grupo se incluyen aquellos residuos sólidos que no requieren tratamiento especial por su toxicidad y que se encuentran dentro de un programa de reciclaje. Se trata de residuos de plástico, papel y cartón y residuos de vidrio.

1.5.1.1 Plástico, papel y cartón

Contenedor o envase: el plástico, papel y cartón se depositaran en contenedores diseñados para ello.

Una vez llenos, el responsable los depositará en el contenedor municipal específico para la recogida selectiva de cada uno de ellos, situado en el exterior.

Precauciones: No se requiere ninguna precaución especial, salvo controlar el posible riesgo de incendio controlando posibles focos de ignición.

1.5.1.2 Vidrio

Contenedor o envase: el vidrio se depositara en contenedores de paredes rígidas situado en la puerta de salida.

Una vez llenos, el responsable los depositará en el contenedor municipal específico para la recogida selectiva de vidrio.

Precauciones: se recomienda especial prudencia en la manipulación de material de vidrio roto.

1.5.2 Residuos químicos peligrosos

A continuación se indican las recomendaciones generales para la manipulación segura de residuos y productos químicos en general.

- Se debe evitar cualquier contacto directo con los productos químicos, utilizando medidas de protección individual adecuadas para cada caso (guantes, gafas).
- Todos los productos deberán considerarse peligrosos, asumiendo el máximo nivel de protección en caso de desconocer exactamente las propiedades y características del producto a manipular.
- Nunca se deben manipular productos químicos si no hay otras personas en el laboratorio.
- El vaciado de los residuos en los recipientes correspondientes debe efectuarse de forma lenta y controlada. Esta operación se interrumpirá si se observa cualquier fenómeno anormal como la evolución de gas o incremento excesivo de la temperatura.
- Siempre se deben etiquetar todos los envases y recipientes para identificar exactamente su contenido y evitar posibles reacciones accidentales de incompatibilidad.

1.6 Equipos de protección individual de uso habitual en laboratorios químicos

1.6.1 Protección de las manos

Es conveniente adquirir el hábito de usar guantes protectores en el laboratorio:

- Para la manipulación de sustancias corrosivas, irritantes, de elevada toxicidad o de elevado poder de penetración en la piel.
- Para la manipulación de elementos calientes o fríos.

- Para manipular objetos de vidrio cuando hay peligro de rotura. Hay guantes especiales para este menester, de Categoría II, protección contra riesgos mecánicos. Son especialmente recomendables cuando se da la posibilidad de contacto con productos tóxicos a través de las heridas de cortes.

1.6.2 Protección de los ojos

Es recomendable la utilización en el laboratorio de gafas de protección y esta protección se hace imprescindible cuando hay riesgo de salpicaduras, proyección o explosión.

Se desaconseja además el uso de lentes de contacto en el laboratorio. Si no se puede prescindir de ellas, se deben utilizar gafas de seguridad cerradas.

1.7 Equipos de seguridad de protección colectiva

1.7.1 Extintores

El laboratorio debe estar dotado de extintores portátiles, debiendo el personal del laboratorio conocer su funcionamiento a base de entrenamiento. Los extintores deben estar señalizados y colocados a una distancia de los puestos de trabajo que los hagan rápidamente accesibles, no debiéndose colocar objetos que puedan obstruir dicho acceso.

Mantenimiento: Revisión anual y retimbrado cada 5 años. Debe estar contemplado en el plan general de medios de extinción del edificio.

1.7.2 Mantas ignífugas

Las mantas permiten una acción eficaz en el caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando se prende fuego en la ropa, como alternativa a las duchas de seguridad.

1.7.3 Material o tierra absorbente

Se utiliza para extinguir los pequeños fuegos que se originan en el laboratorio. Debe estar debidamente etiquetado.

1.7.4 Campanas extractoras

Las campanas extractoras capturan las emisiones generadas por las sustancias químicas peligrosas.

En general, es aconsejable realizar todos los experimentos químicos de laboratorio en una campana extractora, ya que aunque se pueda predecir la emisión, siempre se pueden producir sorpresas. Antes de utilizarla, hay que asegurarse de que está conectada y funciona correctamente.

Se debe trabajar siempre al menos a 15 cm de la campana. La superficie de trabajo se debe mantener limpia y no se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos.

Mantenimiento: Comprobar periódicamente el funcionamiento del ventilador, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, la velocidad de captación en fachada y su estado general.

1.7.5 Lavaojos

Los lavaojos proporcionan un tratamiento efectivo en el caso de que un producto químico entre en contacto con los ojos. Deben estar claramente señalizados y se debe poder acceder con facilidad. Se deben situar próximos a las duchas ya que los accidentes oculares suelen ir acompañados de lesiones cutáneas.

Utilización: El agua no debe aplicarse directamente sobre el globo ocular, sino a la base de la nariz lo que hace más efectivo el lavado de los ojos. Hay que asegurarse de lavar desde la nariz hacia las orejas. Se debe forzar la apertura de los párpados para asegurar el lavado detrás de ellos. Deben lavarse los ojos y párpados durante al menos 15 minutos.

Mantenimiento: Las duchas de ojos deben inspeccionarse cada seis meses.

Las duchas oculares fijas deben tener cubiertas protectoras.

1.7.6 Duchas de seguridad

Las duchas de seguridad proporcionan un tratamiento efectivo cuando se producen salpicaduras o derrames de sustancias químicas sobre la piel o la ropa.

Deben estar señalizadas y fácilmente disponibles para todo el personal. Las duchas deben operarse asiendo una anilla o una varilla triangular sujeta a una cadena.

Se deben quitar la ropa y zapatos mientras se está debajo de la ducha. Debe proporcionar un flujo de agua continuo que cubra todo el cuerpo.

Mantenimiento: Deben inspeccionarse cada seis meses para controlar el caudal, la calidad del agua y el correcto funcionamiento del sistema.

1.8 Derrames de productos químicos peligrosos

1.8.1 Actuación en caso de vertidos: procedimientos generales

En caso de vertidos de productos líquidos en el laboratorio debe actuarse rápidamente para su neutralización, absorción y eliminación.

En función de la actividad del laboratorio y de los productos utilizados se debe disponer de agentes específicos de neutralización para ácidos, bases y disolventes orgánicos.

La utilización de los equipos de protección personal se llevará a cabo en función de las características de peligrosidad del producto vertido (consultar con la ficha de datos de seguridad). De manera general se recomienda la utilización de guantes impermeables al producto y gafas de seguridad.

1.8.2 Tipos de derrames

1.8.2.1 Líquidos inflamables

Los vertidos de líquidos inflamables deben absorberse con carbón activo u otros absorbentes específicos que se pueden encontrar comercializados. No emplear nunca aserrín, a causa de su inflamabilidad.

1.8.2.2 Ácidos

Los vertidos de ácidos deben absorberse con la máxima rapidez ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generen, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipos. Para su neutralización lo mejores emplear los absorbentes-neutralizadores que se hallan comercializados y que realizan ambas funciones. Caso de no disponer de ellos, se puede neutralizar con bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

1.8.2.3 Bases

Se emplearán para su neutralización y absorción los productos específicos comercializados. En caso de no disponer de ellos, se neutralizarán con abundante agua a pH ligeramente ácido. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

1.8.2.4 Otros líquidos no inflamables, ni tóxicos, ni corrosivos

Los vertidos de otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos se pueden absorber con aserrín.

1.8.2.5 Actuación en caso de otro tipo de vertidos

De manera general, previa consulta con la ficha de datos de seguridad y no disponiendo de un método específico, se recomienda su absorción con un adsorbente o absorbente de probada eficacia (carbón activo, vermiculita, soluciones acuosas u orgánicas, etc.) y a continuación aplicarle el procedimiento de destrucción recomendado.

Proceder a su neutralización directa en aquellos casos en que existan garantías de su efectividad, valorando siempre la posibilidad de generación de gases y vapores tóxicos o inflamables.

1.8.3 Eliminación

En aquellos casos en que se recoge el producto por absorción, debe procederse a continuación a su eliminación según el procedimiento específico recomendado para ello o bien tratarlo como un residuo a eliminar según el plan establecido de gestión de residuos.

1.9 Planificación de las prácticas

A la hora de realizar una tarea o actividad determinada se debe especificar qué medidas de seguridad, frente a riesgos químicos, deben ser puestas en práctica.

Lo idóneo es, que estas instrucciones, sean redactadas por los profesores que las realizan y se incluyan en las prácticas que llevan a cabo los alumnos.

Se desarrollarán los siguientes puntos:

- Relación de los productos químicos que se van a utilizar.
- Características de peligrosidad de esos productos químicos: pueden ser extraídas de las frases R presentes en el etiquetado o en las hojas de datos de seguridad de los mismos.
- Relación de los equipos, instalaciones y materiales que se van a utilizar.
- Riesgos asociados al manejo de estos equipos, instalaciones y materiales y las normas o advertencias necesarias para evitarlos.

- Los equipos de protección que deben ser utilizados: por ejemplo, si las tareas se llevarán a cabo bajo campana de extracción, o qué equipos de protección individual deben ser utilizados (guantes, gafas), claramente especificada su utilización obligatoria.
- Se especificará si los productos pueden originar reacciones peligrosas. De una manera general, todas las reacciones exotérmicas están catalogadas como peligrosas ya que pueden ser incontrolables en ciertas condiciones y dar lugar a derrames, emisión brusca de vapores o gases tóxicos o inflamables o provocar la explosión de un recipiente.
- Si los productos u operaciones pueden generar residuos peligrosos, debe especificarse el método de tratamiento o gestión de los mismos.
- Como actuar en caso de derrames o fugas en el caso de que esto suponga un riesgo para el personal que los manipula.

1.10 Material de laboratorio: material de vidrio

1.10.1 Riesgos asociados a la utilización del material de vidrio

- Cortes o heridas producidos por rotura del material de vidrio debido a su fragilidad mecánica, térmica, cambios bruscos de temperatura o presión interna.
- Cortes o heridas como consecuencia del proceso de apertura de frascos, con tapón esmerilado, llaves de paso, conectores etc., que se hayan obturado.
- Explosión, implosión e incendio por rotura del material de vidrio en operaciones realizadas a presión o al vacío.

1.10.2 Medidas de prevención frente a estos riesgos

- Examinar el estado de las piezas antes de utilizarlas y desechar las que presenten el más mínimo defecto.
- Desechar el material que haya sufrido un golpe de cierta consistencia, aunque no se observen grietas o fracturas.
- Efectuar los montajes para las diferentes operaciones (destilaciones, reacciones con adición y agitación, endotérmicas y exotérmicas, etc.) con especial cuidado, evitando que queden tensionados, empleando soportes y abrazaderas adecuados y fijando todas las piezas según la función a realizar.
- No calentar directamente el vidrio a la llama; interponer un material capaz de difundir el calor (por ejemplo, una rejilla metálica).
- Introducir de forma progresiva y lentamente los balones de vidrio en los baños calientes.
- Para el desatascado de piezas, que se hayan obturado, deben utilizarse guantes espesos y protección facial o bien realizar la operación bajo campana con pantalla protectora. Si el recipiente a manipular contiene líquido, debe llevarse a cabo la apertura sobre un contenedor de material compatible, y si se trata de líquidos de punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, debe enfriarse el recipiente antes de realizar la operación.
- Evitar que las piezas queden atascadas colocando una capa fina de grasa de silicona entre las superficies de vidrio y utilizando, siempre que sea posible, tapones de plástico.

1.11 Actuaciones en caso de emergencia. primeros auxilios

1.11.1 Fuego en el laboratorio

Si se produce un conato de incendio, las actuaciones iniciales deben orientarse a intentar controlar y extinguir el fuego rápidamente utilizando el extintor adecuado. No utilizar nunca agua para apagar el fuego provocado por la inflamación de un disolvente. Evacuar el laboratorio, por pequeño que sea el fuego, y mantener la calma.

1.11.2 Fuego en la ropa

Pedir ayuda inmediatamente. Tirarse al suelo y rodar sobre si mismo para apagar las llamas. No correr, ni intentar llegar a la ducha de seguridad, salvo si está muy próxima. No utilizar nunca un extintor sobre una persona.

1.11.3 Quemaduras

Las pequeñas quemaduras, producidas por material caliente, placas, etc. deben tratarse con agua fría durante 10 o 15 minutos. No quitar la ropa pegada a la piel. No aplicar cremas ni pomadas grasas. Debe acudir siempre al médico aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas. Las quemaduras mas graves requieren atención médica inmediata.

1.11.4 Cortes

Los cortes producidos por la utilización de vidrio, es un riesgo común en el laboratorio. Los cortes se deben limpiar, con agua corriente, durante diez minutos como mínimo. Si son pequeños se deben dejar sangrar, desinfectar y dejar secar al aire o colocar un apósito estéril adecuado.

No intentar extraer cuerpos extraños enclavados. Si son grandes y no paran de sangrar, solicitar asistencia médica inmediata.

1.11.5 Derrame de productos químicos sobre la piel

Los productos derramados sobre la piel deben ser retirados inmediatamente mediante agua corriente durante 15 minutos, como mínimo. Las duchas de seguridad se emplearan cuando la zona afectada es extensa. Recordar que la rapidez en la actuación es muy importante para reducir la gravedad y la extensión de la herida.

1.11.6 Actuación en caso de que se produzcan corrosiones en la piel

Por ácidos: quitar rápidamente la ropa impregnada de ácido. Limpiar con agua corriente la zona afectada. Neutralizar la acidez con bicarbonato sódico durante 15 o 20 minutos.

Por bases: limpiar la zona afectada con agua corriente y aplicar una disolución saturada de ácido acético al 1%.

1.11.7 Actuación en caso de que se produzcan salpicaduras de productos corrosivos a los ojos

En este caso el tiempo es esencial, menos de 10 segundos. Cuanto antes se laven los ojos, menor será el daño producido. Lavar los ojos con agua corriente durante 15 minutos como mínimo. Por pequeña que sea la lesión se debe solicitar asistencia médica.

1.11.8 Actuación en caso de ingestión de productos químicos

Solicitar asistencia médica inmediata. En caso de ingerir productos químicos corrosivos, no provocar el vómito.

1.12 Instalaciones del laboratorio

1.12.1 Principios generales

Las instalaciones deben permitir que las actividades del laboratorio se desarrollen de modo eficaz y seguro.

El diseño del laboratorio deberá obedecer a las características generales del programa de trabajo previsto durante un largo período de tiempo (de 10 a 20 años) y no a las modalidades específicas del trabajo actual.

1.12.2 Diseño del laboratorio

1.12.2.1 Consideraciones generales

La disposición del laboratorio debe diseñarse con criterios de eficiencia. Por ejemplo, la distancia que deban recorrer las personas para llevar a cabo las distintas fases de los procesos analíticos ha de ser lo más corta posible, aun teniendo presente que tal vez haya que separar unos procedimientos de otros por motivos analíticos o de seguridad.

Se debe prever que el laboratorio no requerirá modificaciones importantes durante diez años. Dado que el volumen de trabajo puede cambiar en ese plazo, no es conveniente diseñar un laboratorio teniendo sólo en cuenta los pormenores de las actividades previstas actualmente. Aun en el caso de que el volumen de trabajo sea siempre el mismo, el curso de los acontecimientos puede exigir cambios en la importancia relativa otorgada a los diferentes tipos de análisis.

Además, los avances en la instrumentación y en la metodología analítica pueden alterar las necesidades de espacio y las condiciones para un determinado análisis. Existen argumentos a favor del diseño del laboratorio en función de las actividades "genéricas" y "especializadas".

Las actividades genéricas pueden definirse como operaciones químicas "por vía húmeda" para las que es necesario disponer de un gran número de bancos fijos dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio, a diferencia de las "salas de instrumentos", donde son necesarios menos servicios (aunque deberán contar con un suministro adicional de gas por tuberías y tal vez una instalación eléctrica fija) y puede ser suficiente una combinación flexible de mesas/bancos móviles.

Pueden ser necesarias salas especializadas para el trabajo que requiere "aire limpio" (por ejemplo, el relacionado con algunos contaminantes ambientales), o para el trabajo con sustancias que han de manipularse con especial cuidado, por motivos de seguridad o para evitar la contaminación cruzada (por ejemplo, materiales radioactivos y algunas sustancias especialmente tóxicas), o para el almacenamiento y distribución de patrones de compuestos puros que se están analizando a niveles residuales en alguna otra parte del laboratorio. Una sala especializada para operaciones en gran escala o actividades de preparación de muestras en las que se desprende polvo, como por ejemplo molturación, mezcla o agitación, será muy conveniente, sobre todo si se prevé trabajar con analitos heterogéneos.

Con arreglo a este criterio, los principales parámetros del diseño son los relacionados con una identificación correcta de las necesidades en lo que respecta a las actividades especializadas y una estimación de las necesidades relativas en lo que respecta a las actividades genéricas de química "por vía húmeda" y las que se llevan a cabo en la "sala de instrumentos".

Hacen falta despachos para la administración y el personal de oficina, y baños y aseos para todo el personal. Comer, beber o fumar está siempre desaconsejado, y debería estar prohibido en el laboratorio propiamente dicho; corresponde a la administración reservar una zona separada para este fin.

Debe estudiarse la posibilidad de que haya una habitación independiente para el personal, por pequeña que sea, ya que ello no sólo proporciona un mayor grado de seguridad al personal del laboratorio, sino que además contribuye a asegurar la integridad de las muestras.

Para facilitar una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier otra emergencia, deben preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible.

1.12.2.2 El laboratorio químico

Desde el punto de vista de la garantía de la calidad, las características del diseño que importan son las que pueden ser causa de resultados erróneos o esfuerzos inútiles, con el incumplimiento de los plazos y el incremento de los costos consiguientes. Unos resultados erróneos pueden deberse a la contaminación de los materiales de ensayo (por ejemplo a causa del polvo) o a la contaminación cruzada con otra muestra o con un patrón.

Aunque unas prácticas de trabajo correctas suelen bastar para resolver satisfactoriamente casi todas las situaciones, es muy importante un diseño que prevea un aislamiento en los análisis de trazas entre las preparaciones altamente concentradas y las sustancias puras utilizadas para preparar patrones analíticos: este aislamiento debe mantenerse en todas las instalaciones donde se lava y limpia el equipo, se lava y almacena el instrumental de vidrio, se utiliza ropa protectora o incluso se guardan cuadernos y registros.

También, desde el punto de vista de la garantía de la calidad, es muy conveniente que las características del diseño eviten la acumulación de polvo, ya proceda éste de fuentes ambientales o de otras muestras. La contaminación de los materiales de ensayo con polvo suele ser esporádica y desigual, por lo que probablemente se pasará por alto en las comprobaciones normales del control de calidad. Para tratar de evitar el polvo, en el diseño se utilizarán estanterías con puertas de cristal para los reactivos, la encimera del banco de trabajo se mantendrá libre de aparatos "fijos" innecesarios, las superficies de trabajo se limpiarán periódicamente con paños absorbentes y el suelo y los muebles se diseñarán de modo que puedan limpiarse con aspiradoras provistas de filtros apropiados o fregasuelos absorbentes. Se evitarán los diseños que requieren una limpieza por el método tradicional de "la escoba y el plumero", el cual no consigue sino extender la contaminación. Los orificios de entrada del sistema de ventilación y los escapes de las campanas de humos deberán situarse cuidadosamente de modo que se evite la recirculación del aire del laboratorio, con el riesgo de contaminación de los materiales de ensayo y el peligro para el personal del laboratorio que ello entraña.

1.12.3 Control del medio ambiente

Un control adecuado de la temperatura, la humedad y el polvo es importante para el bienestar del personal, el funcionamiento de los instrumentos y la seguridad en el trabajo (por ejemplo, con disolventes inflamables). Los instrumentos ópticos suelen requerir unas condiciones de temperatura estables para funcionar debidamente. Es posible que el equipo electrónico precise unos niveles determinados de temperatura y humedad ambiental. Los ordenadores han de protegerse de campos magnéticos intensos provenientes de otros aparatos; los empleados o visitantes con marcapasos deberán evitar tales campos. Puede que sea necesario un sistema de agua fría de la red de abastecimiento o de refrigeración localizada para que ciertos aparatos funcionen debidamente. Los materiales de ensayo, reactivos y patrones habrán de almacenarse en condiciones reguladas.

Algunas sustancias deben protegerse de la luz del sol o de las lámparas fluorescentes que las afectan. Las balanzas e instrumentos ópticos delicados necesitan protección contra las vibraciones (por ejemplo de los mezcladores, tambores y centrífugas) o incluso un soporte estabilizador. Todas estas necesidades han de identificarse y documentarse de manera que en el sistema de garantía de la calidad puedan incluirse procedimientos adecuados para regularlas y tomar las medidas oportunas.

Serán necesarios registros en los que conste que:

- Las muestras se reciben, almacenan, manejan y analizan en condiciones ambientales que no afectan negativamente a los análisis;
- Los controles de la temperatura, la humedad y la luz en las zonas sensibles son adecuados para proteger las muestras, sus extractos, el personal y el equipo;
- Se lleva un registro de los resultados del muestreo ambiental en los locales del laboratorio, en el que se anota también la velocidad de las corrientes de aire que pasan a través de las aberturas de las campanas de humos.

1.12.4 Control de la limpieza

Como en lo que concierne a cualquier otro aspecto de las actividades del laboratorio, la responsabilidad de las operaciones de limpieza deberá definirse claramente. Tanto el personal de la limpieza como el del laboratorio deberán tener instrucciones precisas sobre sus obligaciones respectivas en relación con:

- La limpieza de los suelos, superficies verticales (por ejemplo, armarios, paredes, ventanas y puertas), superficies horizontales (por ejemplo superficies de trabajo, estanterías), equipo, interior de refrigeradores, congeladores, campanas de humos, almacenes de temperatura regulada;
- Control del contenido de refrigeradores, congeladores, campanas de humos, almacenes de temperatura regulada;

- Comprobación del funcionamiento del equipo de acondicionamiento de aire y extracción de polvo y de las campanas de humos;
- Lucha contra las plagas.

El programa de garantía de la calidad incluirá tanto planes de trabajo como registros de observaciones y de medidas necesarias/adoptadas que incluyan las operaciones de limpieza de esta índole.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización

El proyecto se llevará a cabo en las siguientes instalaciones:

1. Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos.
2. Instalaciones del parqueo de la Facultad de Ingeniería (parte posterior al edificio T-5).

2.2 Recursos humanos

Investigador: MEPU Julio Ricardo Díaz Papa

Asesor: Msc. Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo

2.3 Situación actual

El laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos se encuentra en condiciones limitantes principalmente con respecto al espacio para el trabajo de los estudiantes. Es por ello que se propone la creación del presente laboratorio, como una solución al crecimiento estudiantil que ha tenido la Escuela en los últimos años.

2.4 Observación

Al observar el estado en que se encuentran los laboratorios de otras facultades de la Universidad de San Carlos, nos podemos percatar de las limitaciones que se tienen en el laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, por lo cual se propone el presente proyecto, cumpliendo con normas aceptadas de diseño, las cuales se enfocan a lo largo del desarrollo del mismo.

2.5 Estudio técnico de la remodelación del Laboratorio de Química

2.5.1 Justificación

La parte del informe final del presente trabajo de graduación sobre remodelación del Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química no se detalla, debido a que se iniciaron trabajos de remodelación posteriores a la fecha en que se presentó y aprobó el protocolo correspondiente, por lo cual es inútil llevar a cabo un estudio técnico, ya que el proyecto está puesto en marcha actualmente.

En sustitución a esto, se incluye una breve reseña histórica, resaltando las razones por las que fue necesaria una remodelación inmediata de las instalaciones físicas del laboratorio.

2.5.2 Reseña histórica de la remodelación del Laboratorio de Química

Desde hace varios años se tiene la necesidad de remodelar el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la USAC, por lo cual se presentó el presente proyecto. Las necesidades incluyen rubros como los que se detallan a continuación:

- Espacio físico insuficiente para la realización de las tareas por parte de los estudiantes que hacen uso del laboratorio.
- Instalaciones en mal estado, debido a la antigüedad y falta de mantenimiento de las mismas.
- Mobiliario no adecuado para el almacenamiento de cristalería y reactivos.
- Pisos en mal estado, así como tuberías antiguas.

Debido a todas estas razones, se consideró en Decanatura remodelar emergentemente el laboratorio, por lo cual se puso en marcha el plan de readecuación de las instalaciones, el cual inició a principios del presente año, justificando dicha acción por los puntos señalados anteriormente.

El laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química no se había remodelado con anterioridad, debido a la falta de fondos de inversión. Dicha situación se había planteado muchas veces a administraciones anteriores de la Facultad de Ingeniería, no obteniendo una respuesta afirmativa para la ejecución del proyecto.

En esta ocasión, se hizo evidente la necesidad de la remodelación del laboratorio de la Escuela, ya que las condiciones de trabajo estaban muy limitadas, tomándose dicha remodelación como prioritaria dentro del presupuesto de la Facultad de Ingeniería.

Justificando todos los factores descritos anteriormente y tomando en cuenta la creciente demanda estudiantil que hace uso de las instalaciones, se realizó el proyecto en forma repentina, lo cual presenta un gran beneficio para los estudiantes, así como para los auxiliares y personal docente que hace uso de estas instalaciones.

2.6 Normas de diseño y seguridad industrial para laboratorios de Química

2.6.1 Normas de diseño de laboratorios

2.6.1.1 Paredes

- Deben utilizarse paredes bien repelladas, pinturas con componentes plásticos, con varias capas de material epóxico o a base de poliamidas.
- Pueden utilizarse pinturas con base de cloro y caucho; de ser posible bacteriostáticos y anti-hongos.
- Debe utilizarse pintura de color mate para evitar los reflejos y deslumbramientos.
- El cielo raso o techos serán lisos en todas las dependencias del laboratorio y pintados con el mismo tipo de pintura descrito anteriormente.
- Se debe tener en cuenta el color de las paredes para evitar la reflexión de la luz, se recomienda el blanco mate o marfil. (Ref. 11).

2.6.1.2 Accesos

- Los medios de salida serán diseñados y mantenidos para proporcionar el espacio libre para la adecuada evacuación. Deben tener por lo menos 7 pies, 6 pulgadas (2.3 m), con las proyecciones del techo por lo menos de 6 pies, 8 pulgadas (2 m), alturas nominales sobre el piso acabado.
- La altura de techo mínima será mantenida aproximadamente dos tercios del área del techo de cualquier sitio o espacio.

- El espacio libre en las escaleras será de por lo menos 6 pies, 8 pulgadas. (2 m) y serán medidos verticalmente sobre un plano paralelo y tangente a la proyección delantera de la pisada de escalera.
- El diseño y construcción de cada puerta y cada entrada principal que se requiere para servir como salida se hará de modo que la trayectoria del recorrido de la salida sea obvia y directa.
- En la determinación de la anchura de la salida para las puertas de balanceo debe calcularse la capacidad del umbral, la cual será medida cuando la puerta esté abierta a 90 grados.
- Los estándares para escaleras deben tener un ancho mínimo de los peldaños, no más de 3.5 pulgadas y una altura máxima de 7 pulgadas.
- Todas las escaleras que sirven como medios de salida estarán con una construcción fija permanente.
- Las escaleras y rampas tendrán barandillas a ambos lados. Además, proporcionarán barandillas de 30 pulg (76 cm), proporcionando la anchura requerida a lo largo del camino de la salida.
- No debe haber ningún espacio cerrado que sea utilizado en un recinto de salida, incluyendo el espacio bajo la escalera; ni ningún espacio abierto dentro del recinto que pueda interferir con la salida.
- Un método de diseño apropiado proporcionará un sistema a prueba de humo, debe ser creado con ventilación natural o mecánica.
- Las puertas serán diseñadas para reducir al mínimo el escape de aire y se construirán con cierre automático con un detector de humo dentro de 10 pies (3 m) de la puerta de vestíbulo.
- Las puertas deben de tener un dispositivo que permita la activación automática de cierre sobre cualquier puerta en el recinto a prueba de humo.

- Las puertas serán instaladas de acuerdo con normas NFPA 80, estándar para las puertas cortafuego y ventanas. (Ref. 11).
- Las puertas cortafuego estarán hechas con un diseño que se ha aprobado cumpliendo condiciones de aceptación de la norma NFPA 252, métodos estándar de pruebas de fuego de las asambleas de las puertas. (Ref. 11).

2.6.1.3 Protección de riesgo especial

- Se proporcionará la protección de cualquier área que tiene un grado de riesgo mayor que lo normal.
- El área debe incluir una barrera de fuego de resistencia de 1 hora.
- Proteger el área con sistemas de extinción automáticos.

2.6.1.4 Protección de explosión

- Un sistema de ventilación expresamente diseñado para riesgo de explosión proporcionará la supresión de la misma.
- El almacenaje y el manejo de líquidos inflamables o gases serán conforme a normas aplicables. (NFPA 30, código de líquidos inflamables y combustibles; NFPA 54, código nacional de combustibles de gas; NFPA 58, código de gas líquido de petróleo). (Ref. 3).
- Los laboratorios que usan sustancias químicas cumplirán con NFPA 45.
- La norma estándar NFPA 45, sobre la protección contra incendios para laboratorios que usan sustancias químicas se aplica a edificios de laboratorio, unidades de laboratorio, así como a áreas localizadas encima o debajo del grado en las sustancias químicas manejadas o almacenadas en cantidades mayores que los mínimos especificados.

- Las penetraciones por el piso o techo nominal de fuego y ensamblajes de la pared por tubos, conductos, cables, tubos de ventilación y equipo de servicio del edificio serán protegidas conforme a la norma NFPA 101, del Código de seguridad de vida.
- Todas las aperturas de piso serán selladas o contenidas para prevenir el escape líquido.

2.6.1.5 Exigencias de seguridad vitalicia

Los riesgos de seguridad de vida para edificios de laboratorio, unidades y áreas de trabajo de laboratorio cumplirán con la norma NFPA 101, Código de seguridad de vida.

Las exigencias de seguridad de vida para unidades de instrucción de laboratorio para grados 12 y debajo serán conforme a NFPA 101, Código de seguridad de vida, para una ocupación educativa. (Ref. 16).

2.6.2 Especificaciones técnicas del mobiliario

2.6.2.1 Requisitos generales del sistema

El sistema de mobiliario será modular y flexible, orientado a las actuales y futuras necesidades del laboratorio. Son requisitos básicos del sistema: la funcionalidad, variabilidad, y un diseño ergonómico que se tendrá en cuenta en la valoración final.

En particular, se valorarán los siguientes aspectos:

- La distribución básica será variable en todo momento manteniendo un mínimo costo de mantenimiento.
- El mobiliario podrá ampliarse y modificarse, y a la vez debe ser compatible entre sí.

- Las ampliaciones eléctricas o de fluidos serán posibles sin modificar ningún circuito o conducto, manteniendo en todo momento la versatilidad del diseño.
- El sistema de mobiliario ofertado tendrá en cuenta la individualidad de todas las unidades del laboratorio y debe tomar en consideración las experiencias y hábitos personales, es decir, que asegure un diseño multifuncional del lugar de trabajo.

2.6.2.2 Mesas de trabajo y galerías de apartados

2.6.2.2.1 Mesas murales y centrales

Tanto las mesas centrales como murales, estarán formadas mediante combinación de unidades modulares en forma de “C” o “U”. Cada unidad modular se formará mediante una estructura autoportante con dos soportes y separadores de unión, disponiendo de paneles tapa tuberías traseros y laterales.

Los soportes para las mesas estarán soldados eléctricamente en atmósfera inerte. Las soldaduras, cortes y bordes estarán pulidos de forma limpia y perfilada. Las superficies en acero de calidad ST 37 o DC01 estarán construidas en acero laminado en frío, galvanizado electrolíticamente, fosfatado y recubierto de resina epoxi, vitrificada al horno a 190-210 °C, garantizando un espesor homogéneo de las superficies de 70 a 100 μ , con un acabado excelente, con gran resistencia a los ácidos, bases, álcalis y humedad. Igualmente muy resistente a golpes y abrasión. La calidad y adherencia de la superficie estarán controladas según las normas DIN 53151 y DIN 53156 o equivalente (UNE, EN, ISO, BS, etc.). (Ref. 11).

2.6.2.2 Superficies de trabajo

La profundidad útil de todas las superficies de trabajo será de 67.5 cm como mínimo, valorándose las sugerencias en los laboratorios que necesiten de mayores profundidades.

Las superficies tendrán las siguientes características:

- Placa maciza a base de resinas sintéticas termoestables, homogéneamente reforzadas con fibra de celulosa, perfectamente polimerizada en todo su espesor.
- Características físicas: densidad de 1.430 kg/m^2 , resistencia a la tracción $> 90 \text{ Kg/m}^2$, flexión $> 115 \text{ Kg/m}^2$, dureza $> 600 \text{ N/mm}^2$, espesor de 16mm y temperatura de choque térmico de $180 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Resistencia química. Debe ser resistente al ataque de ácido sulfúrico al 20%, ácido sulfúrico al 50%, ácido nítrico al 20%, ácido nítrico al 50%, amoníaco, ácido clorhídrico al 36%, ácido acético al 30%, ácido acético al 80%, ácido acético químicamente puro, hidróxido sódico (sosa cáustica al 10%), hidróxido sódico (sosa cáustica al 50%), agua oxigenada, acetona, benceno, violeta de genciana 0,02 g/L, fucsina básica 0,02 g/L, azul de metileno y fenolftaleína.

2.6.2.2.3 Repisas

En su parte superior, las mesas que así lo requieran, tanto centrales como murales, se completarán con repisas para almacenamiento construidas en acero o aluminio resistente a altas temperaturas y desgastes físicos. La superficie de trabajo será en tablero o vidrio de 9 mm. con profundidad mínima de 150 mm, en función de las necesidades de cada una de las unidades del laboratorio. Igualmente, la construcción modular de la estantería debe permitir la modificación sin necesidad de utilizar ningún tipo de herramientas, tornillería ni mano de obra especializada. Los estantes serán fácilmente desmontables para facilitar su limpieza y dispondrán de reborde lateral o similar para evitar caídas accidentales.

Estos estantes dispondrán de sistemas para realizar embarrados de montaje y, además, la posibilidad de instalación de luminarias en todos los casos que se solicite, independientemente de la posibilidad de incluir otros tipos de soporte.

2.6.2.2.4 Estanterías de seguridad

Fabricados con doble pared en acero zincado y con revestimiento epoxi. En caso de incendio, el interior del armario tarda un mínimo de 90 minutos en alcanzar una temperatura máxima de 200 °C.

Todos dispondrán de cajones extraíbles (bajos/altos) en vez de bandejas fijas, dispondrán de cierre automático por temperatura, apertura solidaria de las dos puertas accionando únicamente en un solo tirador, sistema temporizado del cierre automático de las puertas, conexión de extracción de vapores al sistema de extracción general del edificio. Incluirá el extractor.

2.6.2.2.5 Estanterías inferiores

Todos los muebles inferiores serán suspendidos o con ruedas. En caso de ser con ruedas, estarán equipados con 2 pares de ruedas de doble rodadura y antirrayadura: 2 fijadas a la parte posterior y 2 giratorias en la parte frontal con freno. Construidos en chapa de acero, recubierto con pintura epoxi o tableros de conglomerado recubierto de estratificado compacto y canteados.

Las puertas de doble cuerpo o macizas con amortiguación de ruidos, bisagras con apertura a 270°. Un entrepaño en armarios con puertas; con la posibilidad de integrar hasta 3 entrepaños por armario. Capacidad de carga mínima 50 Kg, totalmente seguros.

Con respecto a los cajones, deben ser desmontables para facilitar la limpieza, incluidos los frontales. La apertura debe ser parcialmente extraíble sobre rodamientos. Deben poseer un tirador de acero cromado mate o aluminio inyectado, posibilitando la incorporación de indicadores. Deben tener una altura de 300/360 mm y una altura útil interior de 110 mm, así como una anchura de 450, 600, 900 y 1200 mm. La cerradura (opcional) con bombín intercambiable en puertas. En el caso de cajones, será necesaria la cerradura central con seguro de apertura de cajones para evitar accidentes (seguro antivuelco, en caso de armarios con ruedas).

2.6.2.3 Fregaderos

Se suministrarán fregaderos de un seno, seno y escurridor o seno y dos escurridores; las dimensiones mínimas de cada seno serán de 500 x 400 x 250 mm. Estarán fabricados en gres, acero inoxidable, resina epoxi o polipropileno de una sola pieza.

2.6.2.4 Mesas antivibratorias para balanzas

Las mesas antivibratorias para balanzas estarán concebidas con sistemas elásticos, con una frecuencia propia de vibración cercana a 10 Hz. Estos sistemas deberán actuar como “filtros”, amortiguando un alto porcentaje de la amplitud para aquellas vibraciones de frecuencia superior a 12 Hz que llegan al sistema, de forma que la mayoría de perturbaciones que se pueden originar en un edificio son prácticamente absorbidas por el sistema antivibratorio y no dificulten las pesadas.

Esta zona elástica estará fabricada con una gran masa montada sobre amortiguadores elásticos y rematada por un tablero de granito o similar de 480 x 390 mm.

Todo el sistema estará rodeado por un mueble fabricado en acero laminado, tratado con recubrimiento de epoxi-poliéster o conglomerado recubierto de estratificado compacto canteado y rematado por tablero de resina compactada con celulosa de alta presión de 20 mm de espesor, de manera que se integre con el resto del mobiliario. (Ref. 11).

2.6.2.5 Taburetes y sillas para laboratorios

Los taburetes tendrán cinco ruedas o soportes (dependiendo del uso) con aro reposapiés, respaldo con contacto permanente y elevación mediante pistón a gas. El respaldo y asiento serán de poliuretano, de una sola pieza, fácilmente limpiables y totalmente impermeables a los líquidos, así como poseer gran resistencia química.

2.6.3 Especificaciones técnicas de equipo de laboratorio

2.6.3.1 Centrífugas

- Las centrífugas deben estar ancladas con seguridad en las mesas de trabajo, por si ocurrieran vibraciones, para que ésta no se mueva hacia la orilla o golpee botellas u otro equipo.
- Si ocurre vibración, detener la centrífuga inmediatamente y verificar el contrapeso de la carga.
- Cerrar siempre la centrífuga antes de que empiece a funcionar y mantenerla cerrada mientras esté funcionando.
- No desatender nunca una centrífuga hasta que asegurese de que esté funcionando a la velocidad completa y funcione correctamente y sin vibración.
- Si la centrífuga no tiene freno, permita que ésta siga girando hasta que se detenga; si tiene freno, úselo y no su mano para detenerla.
- Limpiar el rotor y los orificios de la centrífuga sólo con un limpiador anticorrosivo.

2.6.3.2 Sistema de control de temperatura

- Ensamblar el sistema de tal manera que ambos, calentamiento y enfriamiento, puedan ser controlados.
- Cuando se caliente el contenido de un tubo de ensayo en un mechero, puede sobrecalentarse fácilmente, así que debe tomarse el tubo de ensayo con una prensa y calentar suavemente a lo largo del lado del tubo de ensayo, no en el fondo, para evitar que el contenido hierva y salpique hacia afuera.

- No debe apuntarse nunca el tubo de ensayo hacia sí mismo o hacia otra persona cuando se caliente.
- Cuando se utilice aceite caliente o arena para calentar, debe tenerse cuidado y evitar el peligro de que vaya a salpicar el agua o cualquier otro líquido orgánico y éste pueda caer dentro del aceite caliente o de la arena.
- Evitar el sobrecalentamiento del baño de aceite.
- Vigilar si en el baño se observan vapores; si es así, éste puede estar tan caliente que podría quemarse y generar llamas en un instante.
- Si un baño de aceite genera humo o vapores, apagar la fuente de calor inmediatamente y llamar al instructor.
- Si se deja un baño de aceite o arena funcionando, es importante que el equipo cuente con sistema de apagado en caso de emergencia y una etiqueta de prevención que diga "Aceite caliente" o "Arena caliente".
- Asegurarse de que el recipiente de vidrio que se utilice en estos baños esté libre de roturas u otras imperfecciones.
- No utilizar el baño de arena o de aceite a menos que se utilice un termómetro u otro dispositivo que indique la temperatura del baño.
- Un baño de aceite debe ser etiquetado con el nombre del aceite y con su temperatura máxima para trabajar de forma segura.
- Deben tomarse precauciones cuando haya derrames de aceite o de baños de arena calientes causados por roturas o por el sobrecalentamiento de los baños mencionados.

2.6.3.3 Desecadores para vacío

- Antes de abrir un desecador que está bajo presión reducida, debe asegurarse de que llegue a presión atmosférica.
- Los equipos que se encuentran bajo presión reducida deben contar con un escudo de protección.

- Si se utilizan bombas de vacío, colocar una trampa de frío entre el aparato y la bomba de vacío de forma tal que sustancias volátiles de la reacción o de la destilación no lleguen a la bomba de aceite o a la atmósfera del laboratorio.
- Cuando sea posible, la salida de la bomba debe ser hacia un extractor.
- Las bombas de vacío deben ser aseguradas con cinturones de seguridad.

2.6.4 Especificaciones técnicas de equipo de seguridad

2.6.4.1 Campanas extractoras

- Es aconsejable realizar todos los experimentos químicos de laboratorio en una campana extractora.
- Antes de utilizarla, hay que asegurarse de que está conectada y funciona correctamente.
- Se debe trabajar siempre, al menos, a 15 cm del marco de la campana.
- Las salidas de gases de los reactores deben estar enfocadas hacia la pared interior y, si fuera posible, hacia el techo de la campana.
- No se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos, se debe mantener la superficie de trabajo limpia y diáfana.
- Hay que tener precaución en las situaciones que requieren bajar la ventana de guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. La ventana debe colocarse a menos de 50 cm de la superficie de trabajo.

- El operador no debería detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su interior. Si se detectan, asegurarse de que el extractor está en funcionamiento. (Ref. 14, pp. 54-56).

2.6.4.2 Duchas de seguridad y fuentes lavaojos

- La instalación deberá estar a menos de 8 m de los puestos de trabajo, con el propósito de que una posible proyección o salpicadura a los ojos sea atendida en menos de 15 segundos.
- Deberá ser fácilmente visible y accesible.
- Deberá estar libre de materiales, aparatos y productos.
- No deberá tener en sus proximidades enchufes ni aparatos eléctricos.
- Deberá estar situado en dirección a la salida habitual del laboratorio.
- La ducha deberá proporcionar un caudal de agua capaz de empapar al sujeto inmediatamente, y debería ser lo suficientemente amplio como para acomodar a dos personas si fuese necesario.
- El agua suministrada deberá ser potable y su temperatura de salida estar entre 20 y 40 °C.
- Se debe comprobar diariamente que hay agua en la ducha y la fuente lavaojos.
- Periódicamente, se debe comprobar el estado general de la instalación, el estado de las válvulas, el estado de los desagües y que el flujo suministrado es el adecuado.
- Se eliminarán los depósitos calcáreos que pueden llegar a obstruir la ducha. (Ref. 13).

2.6.5 Especificaciones técnicas de equipo contra incendios

2.6.5.1 Alarmas

- Existen algunos dispositivos de detección que se ubican en diferentes zonas del edificio y al estar conectados en forma computarizada, permiten determinar cuál es el área en la que se inició el incendio y así evitar su propagación.
- Además de estar conectados, permiten saber cuál de todos los dispositivos es el que se activó y también poseen sistemas de audio-evacuación y extinción conectados con el mismo.
- Es importante que además cuenten con un sistema de campanas, sirenas o algún elemento sonoro lo suficientemente fuerte como para alertar a quienes se encuentren en la zona de incendio. (Ref. 1).
- Deben tenerse sistemas organizados de evacuación, bien señalizados y libres de obstáculos para facilitar la salida de las personas ocupantes del inmueble.
- En un edificio, es necesario colocar más de un tipo de detector de humo.
- En los sistemas de diluvio, los detectores de humo, calor o flama serán los que a través de un dispositivo controlador abrirán las válvulas que permitirán el flujo de agua a los rociadores. (Ref. 14, pp. 125-130).

2.6.5.2 Extinguidores

- Los extintores deben identificarse mediante señalización adecuada y estar ubicados en la pared, cerca de una salida.
- Deben inspeccionarse al menos cada 12 meses para detectar rotura de los sellos, deterioro, baja presión o montaje indebido.

- Las unidades deben reemplazarse o recargarse si se han utilizado, estropeado o descargado. (Ref. 7).

2.6.5.3 Material o tierra absorbente

- Está diseñada para extinguir rápida y fácilmente los pequeños fuegos que puedan ocasionarse en el laboratorio.
- Debe almacenarse en recipientes manejables, etiquetados debidamente y utilizarse de acuerdo al tipo de fuego. (Ref. 10).

2.6.6 Iluminación

DATOS:

Ancho = 8 m

Largo = 12 m

Altura = 3.2 m

Altura de montaje (desde el piso hasta las mesas de trabajo) = 1 m

Color de las paredes: marfil

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

La temperatura ambiente promedio es de 24 °C y la tensión de alimentación de las lámparas es su tensión nominal.

2.6.6.1 Cálculo de la iluminación requerida:

Tomando como base el inciso l) de la norma IES, la actividad se clasifica como un taller de trabajo medio, en el Rango E, como se muestra en la siguiente tabla (Ref. 8, pp. 59):

Tabla I. Rangos de los ambientes de iluminación

DESCRIPCIÓN	RANGO
Montaje <ul style="list-style-type: none">• Simple• Moderadamente difícil• Difícil• Muy difícil• Extra difícil	D E F G H
Talleres <ul style="list-style-type: none">• Trabajo grueso• Trabajo medio• Trabajo fino	D E H
Oficinas <ul style="list-style-type: none">• Lectura de reproducciones pobres• Lectura y escritura a tinta• Lectura e impresiones de mucho contraste	F D D
Salas de dibujo <ul style="list-style-type: none">• Dibujo detallado• Esbozos	F E
Áreas de servicio <ul style="list-style-type: none">• Escaleras, corredores, entradas, baños	C

En el inciso II) de la misma norma, se indican los rangos de iluminación en lux, correspondiéndole al rango E los siguientes valores de iluminancia: (Ref. 8, pp. 60).

Tabla II. Valores de iluminancia requeridos

Rango	Valor inferior	Valor medio	Valor superior
E	500	750	1000

Se utiliza el método de los factores de peso para la determinación del nivel de iluminación, los cuales se muestran en la siguiente tabla: (Ref. 8, pp. 60).

Tabla III. Factores de peso

Características	Factores de peso		
	-1	0	+1
Edad de las personas	Menos de 40	40 a 55	Más de 55
Velocidad o exactitud requerida	No importa	Importa	Crítico
Reflectancia de fondo de la tarea visual	Mayor de 70%	30% a 70%	Menor de 30%

Asignando los valores correspondientes, se obtienen los siguientes factores de peso:

Tabla IV. Resumen de información de los factores de peso

Información	Factor de peso
La edad de las personas es menor de 40 años, que son la gran mayoría, aunque existan personas mayores	-1
La velocidad o exactitud es importante	0
La reflectancia de fondo en promedio, está entre 30% y 70%	0
Suma de los factores de peso	-1

Si la suma de los factores de peso es:

- 2 ó -3 Se usa el valor inferior
- 1, 0 ó +1 Se usa el valor medio
- +2 ó +3 Se usa el valor superior (Ref. 8, pp. 60).

Como la suma de los factores de peso es -1, se elige el valor medio, entonces $E = 750$ lux.

2.6.6.2 Elección de las lámparas y el luminario

Se utilizarán lámparas fluorescentes estándar luz de día por su tiempo de vida útil, el cual es de 18000 horas y una cantidad relativamente grande de lúmenes iniciales, que es de 3200 lúmenes. Por estética y a efecto de reducir el efecto estroboscópico, se eligen 4 lámparas por luminario y, finalmente, se elige alumbrado directo.

Para la elección de las características descritas anteriormente, se toma en cuenta el diseño arquitectónico decorativo del interior del laboratorio, para que las lámparas ayuden a crear un ambiente agradable. Se utiliza la siguiente tabla: (Ref. 8, pp.63).

Tabla V. Lúmenes iniciales y vida útil de las lámparas

Tipo de lámpara	Watts	Lúmenes iniciales	Vida útil (horas)
Incandescente Standard	25	230	2500
Incandescente Standard	40	450	1500
Incandescente Standard	60	890	1000
Incandescente Standard	75	1200	850
Incandescente Standard	100	1700	750
Incandescente Standard	150	2850	750
Fluorescente Standard	20	1220	9000
Fluorescente Standard	40	3200	18000
Fluorescente high output	85	6450	12000
Fluorescente high output	110	9000	12000
Fluorescente slimline	38.5	2900	12000
Fluorescente slimline	56	4400	12000
Fluorescente slimline	73.5	6300	12000
Fluorescente tipo U	40	3000	12000

2.6.6.3 Lúmenes iniciales

La cantidad de lúmenes iniciales emitidos por cada lámpara se encuentra en la tabla utilizada para el inciso 2, siendo su valor de 3200.

2.6.6.4 Área del ambiente a iluminar

Para encontrar el área del ambiente a iluminar se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = l \times a \quad (\text{Ecuación No. 1})$$

Donde:

A = Área (m²)

l = largo (m)

a = ancho (m)

Sustituyendo datos:

$$A = 12 \times 8 = 96 \text{ m}^2$$

2.6.6.5 Determinación del factor de mantenimiento

2.6.6.5.1 Factores no recuperables

2.6.6.5.1.1 Temperatura ambiente, f_{TA}

Se considera un ambiente en el cual la temperatura permanece estable, a 24 °C, por lo que no se afectará el porcentaje de emisión lumínica de las lámparas. Entonces tomamos un factor igual a 1. (Ref. 9, pp. 62).

$$f_{TA} = 1$$

2.6.6.5.1.2 Tensión de alimentación, f_v

Como las lámparas funcionarán con su tensión nominal, los lúmenes emitidos no se ven afectados por variaciones de tensión. Entonces tomamos un factor igual a 1. (Ref. 9, pp. 62).

$$f_v = 1$$

2.6.6.5.1.3 Factor de balastro, f_b

El factor de balastro es de 0.93, por los datos especificados. (Ref. 9, pp. 62).

$$f_b = 0.93$$

2.6.6.5.1.4 Depreciación en las superficies del luminario, DSL

Este factor se refiere a los daños ocasionados por el uso en las superficies del luminario y otros componentes como pintura, refractor, reflector y otros, por lo que regularmente se le da un valor igual a 1. (Ref. 9, pp. 62).

$$DSL = 1$$

2.6.6.5.2 Factores recuperables

2.6.6.5.2.1 Depreciación por suciedad acumulada en las superficies del área, DSASL

Este factor se determina por medio de la tabla de factores de depreciación por suciedad acumulada en las superficies del ambiente a iluminar, como se muestra a continuación.

Tomando como base 18 meses y una relación de cavidad del ambiente de 2.29 (ver inciso 6), el valor encontrado se obtiene de la siguiente manera: (Ref. 9, pp. 62).

Tabla VI. Depreciación por suciedad acumulada

% de depreciación por suciedad esperada	Alumbrado directo		
	Meses		
RCA (Relación de cavidad del ambiente)	10	18	20
2	98		96
2.29	98	x_2	x_1
3	98		95

Por interpolación.

Para x_1 :

$$\frac{2 - 3}{96 - 95} = \frac{2.29 - 3}{x_1 - 95}$$
$$x_1 = 95.71$$

Para x_2 :

$$\frac{10 - 20}{98 - 95.71} = \frac{2.29 - 3}{x_1 - 95}$$

$$x_2 = 96.17$$

$$x_2 = \text{DSASL} = 96.17\% = 0.9617$$

2.6.6.5.2.2 Lámparas quemadas, LQ

Se recomienda que el factor por lámparas quemadas no sea menor al 95%. (Ref. 9, pp. 63).

$$\text{LQ} = 95\% = 0.95$$

2.6.6.5.2.3 Depreciación de los lúmenes de las lámparas, LLD

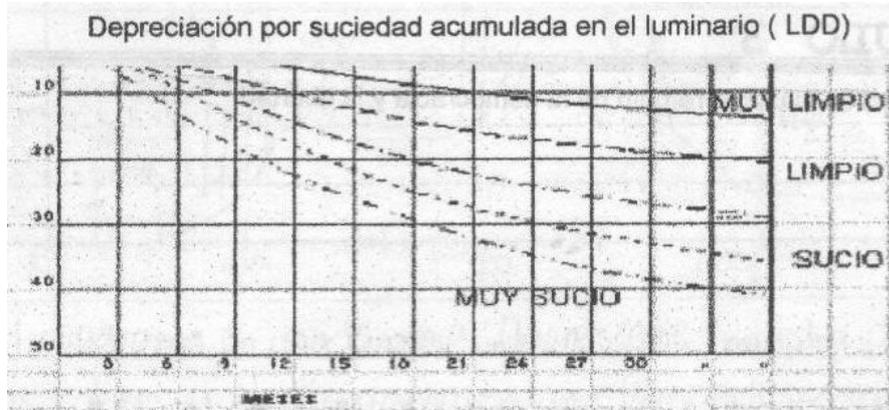
Normalmente, este factor es dado por el fabricante para un 70% del tiempo de vida útil de la lámpara y oscila entre 0.7 y 0.9, dependiendo de la lámpara seleccionada. En este caso, tomamos 0.80. (Ref. 9, pp. 63).

$$\text{LLD} = 80\% = 0.80$$

2.6.6.5.2.4 Factor de depreciación por suciedad acumulada en el luminario, LDD

Este factor normalmente está dado por el fabricante en forma de curvas como las de la siguiente figura: (Ref. 9, pp. 52).

Figura 2. Depreciación por suciedad acumulada



De dicha figura, para un ambiente de limpieza media, el factor es del 75%.

$$\text{LDD} = 75\% = 0.75$$

Con el cálculo de los factores anteriores se puede encontrar el valor del factor de mantenimiento, utilizando la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 64).

$$\text{FM} = f_{\text{TA}} \times f_{\text{V}} \times f_{\text{b}} \times \text{DSL} \times \text{DSASL} \times \text{LQ} \times \text{LLD} \times \text{LDD}$$

(Ecuación No. 2)

Donde:

FM = factor de mantenimiento

f_{TA} = factor de temperatura ambiente

f_{V} = factor de tensión de alimentación

f_{b} = factor de balastro

DSL = factor de depreciación en las superficies del luminario

DSASL = factor de depreciación por suciedad acumulada en las superficies del área

LQ = factor por lámparas quemadas

LLD = factor por depreciación de los lúmenes de las lámparas

LDD = factor de depreciación por suciedad acumulada en el luminario

Sustituyendo datos:

$$FM = 1 \times 1 \times 0.93 \times 1 \times 0.9617 \times 0.95 \times 0.80 \times 0.75$$

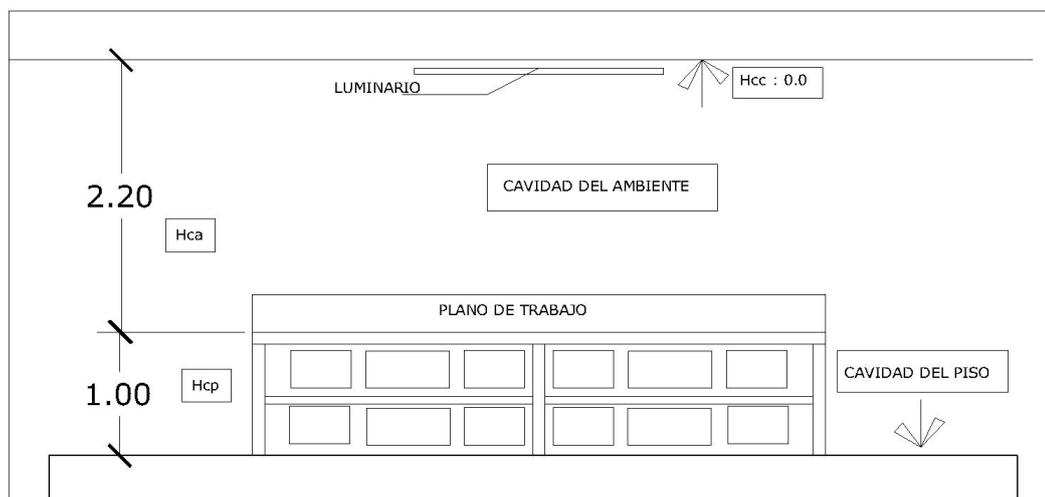
$$FM = 0.5098$$

2.6.6.6 Determinación del coeficiente de utilización

2.6.6.6.1 División del ambiente en cavidades

Se divide el ambiente en 3 cavidades, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. División del ambiente en cavidades



2.6.6.6.2 Caracterización de las cavidades por su altura

Se colocan los valores correspondientes a la altura de cada cavidad, de la siguiente forma:

Altura de la cavidad del cielo, $h_{CC} = 0$

Altura de la cavidad del ambiente, $h_{CA} = 2.2$ m

Altura de la cavidad del piso, $h_{CP} = 1$ m

2.6.6.6.3 Cálculo de las relaciones de cavidad

2.6.6.6.3.1 Relación de cavidad del cielo, RCC

Se utiliza la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 65).

$$RCC = \frac{5h_{CC}(l + a)}{l \times a} \quad (\text{Ecuación No. 3})$$

Donde:

RCC = relación de cavidad del cielo

h_{CC} = altura de la cavidad del cielo (m)

l = largo (m)

a = ancho (m)

Sustituyendo datos:

$$RCC = \frac{(5 \times 0) (12 + 8)}{12 \times 8}$$

$$RCC = 0$$

2.6.6.6.3.2 Relación de cavidad del ambiente, RCA

Se utiliza la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 65).

$$RCA = \frac{5h_{CA}(l + a)}{l \times a} \quad (\text{Ecuación No. 4})$$

Donde:

RCA = relación de cavidad del ambiente

h_{CA} = altura de la cavidad del ambiente (m)

l = largo (m)

a = ancho (m)

Sustituyendo datos:

$$RCA = \frac{(5 \times 2.2) (12 + 8)}{12 \times 8}$$

$$RCA = 2.29$$

2.6.6.6.3.3 Relación de cavidad del piso, RCP

Se utiliza la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 66).

$$RCP = \frac{5h_{CP}(l + a)}{l \times a} \quad (\text{Ecuación No.5})$$

Donde:

RCP = relación de cavidad del piso

h_{CP} = altura de la cavidad del piso (m)

l = largo (m)

a = ancho (m)

Sustituyendo datos:

$$RCP = \frac{(5 \times 1) (12 + 8)}{12 \times 8}$$

$$RCP = 1.04$$

2.6.6.6.4 Determinación de las reflectancias efectivas

Conociendo las relaciones de cavidad y las reflectancias base de paredes, techo y piso, se procede a encontrar los coeficientes de reflexión o reflectancias base del techo y del piso utilizando la tabla respectiva: (Ref. 8, pp. 62).

Tabla VII. Coeficientes de reflexión

Color	Coeficiente de reflexión (%)	
Blanco	75 - 85	Claros
Marfil	70 - 75	
Colores pálidos	60 - 70	
Amarillo	55 - 65	Semiclaros
Marrón claro	45 - 55	
Verde claro	40 - 50	
Gris	30 - 50	
Azul	25 - 35	Oscuros
Rojo	15 - 20	
Marrón oscuro	10 - 15	

Éstas se utilizarán para determinar el coeficiente de utilización. En función de los colores de las superficies planteados al inicio, las reflectancias base son:

Reflectancia base del techo, color blanco = 80%

Reflectancia base del piso, color blanco = 80%

Reflectancia base de las paredes, color marfil = 70%

2.6.6.6.4.1 Determinación de la reflectancia efectiva del cielo, ρ_{cc}

Para una reflectancia efectiva del techo del 80%, de las paredes del 70% y relación de cavidad del techo igual a 0, se tienen los siguientes datos en la tabla correspondiente: (Ref. 9, pp. 66).

Tabla VIII. Reflectancias del techo

Reflectancia del techo		80			
Reflectancia de las paredes		80	70	50	30
RCC	0	80	80	80	80
	0.1	79	79	78	78
	0.2	79	78	77	76

Entonces:

$$\rho_{cc} = 80\%$$

2.6.6.6.4.2 Determinación de la reflectancia efectiva del piso, ρ_{CP}

Para una reflectancia efectiva del piso del 80%, de las paredes del 70% y relación de cavidad del piso igual a 1.04, se tienen los siguientes datos en la tabla correspondiente: (Ref. 9, pp. 67).

Tabla IX. Reflectancias del piso

Reflectancia del piso o techo		80			
Reflectancia de las paredes		80	70	50	30
RCP	1.0	74	71	66	61
	1.04	x			
	1.1	74	71	65	60

Por interpolación:

$$\frac{71 - 71}{1 - 1.1} = \frac{x - 71}{1.04 - 1.1}$$

$$x = 71$$

Entonces:

$$\rho_{CP} = 71\%$$

Ahora nos trasladamos a la “tabla de coeficientes de utilización para algunas luminarias típicas”; sin embargo, estas tablas son válidas sólo para $\rho_{CP} = 20\%$. En este caso, $\rho_{CP} = 71\%$, por lo que usamos la tabla indicada, para luego encontrar el factor correspondiente en la “tabla de factores de multiplicación para reflectancias del piso y, por último, corregir el valor del coeficiente de utilización encontrado anteriormente.

De la “tabla de coeficientes de utilización para algunas luminarias típicas”, alumbrado directo (que se eligió desde el principio), con $\rho_{CC} = 80\%$, reflectancia de las paredes de 70% y RCA = 2.29, se tiene la siguiente información: (Ref. 9, pp. 69).

Tabla X. Reflectancias efectivas del piso del 20%

Reflectancia efectiva del techo		80			
Reflectancia de las paredes		70	50	30	10
RCA	2	0.81	0.77	0.73	0.70
	2.29	x			
	3	0.76	0.70	0.66	0.62

Por interpolación:

$$\frac{2 - 3}{0.81 - 0.76} = \frac{2.29 - 3}{x - 0.76}$$

$$x = 0.7955$$

Entonces:

$$CU_{\text{preliminar}} = 0.7955$$

Debido a que solamente existen tablas para factores de multiplicación para reflectancias del piso de 30% y 10%, entonces, se realiza el siguiente procedimiento: (Ref. 9, pp. 69).

Tabla XI. Factores de multiplicación para reflectancias del piso

RCA	Reflectancias del piso		
	71%	30%	10%
2	X_1	1.08	0.93
3	X_2	1.07	0.94

Por extrapolación.

Para RCA = 2:

Se tienen las proporciones 71:30:: x_1 :1.08 y 30:10::1.08:0.93.

$$\text{Entonces: } \frac{71 - 30}{x_1 - 1.08} = \frac{30 - 10}{1.08 - 0.93}$$

$$x_1 = 1.39$$

Para RCA = 3:

Se tienen las proporciones 71:30:: x_2 :1.07 y 30:10::1.07:0.94.

$$\text{Entonces: } \frac{71 - 30}{x_2 - 1.07} = \frac{30 - 10}{1.07 - 0.94}$$

$$x_2 = 1.34$$

2.6.6.6.5 Corrección del coeficiente de utilización

Debido a que el CU encontrado en el inciso anterior es válido para la reflectancia efectiva del piso del 20% y, en nuestro caso, ésta tiene un valor de 71%, es necesario hacer la corrección correspondiente.

Con los datos que se tienen, se completa la siguiente tabla:

Tabla XII. Reflectancias del piso para 71%

Reflectancia del piso		71%
RCA	2	1.39
	2.29	X
	3	1.34

Por interpolación:

$$\frac{1.39 - x}{2 - 2.29} = \frac{1.39 - 1.34}{2 - 3}$$

$$x = 1.3755 = \text{factor de multiplicación}$$

Para obtener el CU, se utiliza la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 70).

$$CU = CU_{\text{preliminar}} \times \text{factor de multiplicación} \quad (\text{Ecuación No.6})$$

Entonces:

$$CU = 0.7955 \times 1.3755$$

$$CU = 1.0942$$

2.6.6.7 Determinación del número de luminarios

Habiendo obtenido todos los datos en los incisos anteriores, se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo del número de luminarios: (Ref. 9, pp. 70).

$$N = \frac{E \times A}{n \times \Phi_{\text{lámp}} \times FM \times CU} \quad (\text{Ecuación No. 7})$$

Donde:

N = número de luminarios

E = iluminancia requerida (lux)

A = área del ambiente a iluminar (m²)

n = número de lámparas por luminario

$\Phi_{\text{lámp}}$ = lúmenes iniciales emitidos por cada lámpara (lumen)

FM = factor de mantenimiento

CU = coeficiente de utilización

Sustituyendo datos:

$$N = \frac{750 \times 96}{4 \times 3200 \times 0.5098 \times 1.0942}$$

$$N = 10.08$$

Entonces, se aproxima el valor, eligiendo 10 luminarios.

2.6.6.8 Distribución de los luminarios

Los luminarios se distribuyen en el ambiente, respetando el espaciamiento máximo. Entonces, se realiza el siguiente procedimiento: (Ref. 9, pp. 70-71).

2.6.6.8.1 Determinación del área por número de luminarios

Se divide el área disponible dentro del número de luminarios requeridos.

$$\text{Área/luminario} = 96/10 = 9.6 \text{ m}^2/\text{luminario}$$

2.6.6.8.2 Distribución de los luminarios

Se tiene un cuadrado de 9.6 m^2 , entonces se tiene: $\sqrt{9.6} = 3.10$ m/luminaria.

- La distribución a lo largo se obtiene de la siguiente forma:

$$\frac{12}{3.10} = 3.87 \approx 4 \text{ luminarios}$$

- La distribución a lo ancho se obtiene de la siguiente forma:

$$\frac{8}{3.10} = 2.58 \approx 3 \text{ luminarios}$$

Al multiplicar los luminarios a lo largo y a lo ancho, se obtienen 12 luminarios, lo cual no concuerda con el dato de 10 luminarios obtenido en el inciso 7. Entonces, se debe hacer un análisis de error para ver qué dato se acomoda de mejor manera.

2.6.6.8.2.1 Cálculo del error

- Distribución con 12 luminarios.

Despejando la ecuación No. 7, se obtiene:

$$E = \frac{N \times n \times \Phi_{\text{lámp}} \times FM \times CU}{A}$$

Sustituyendo datos:

$$E = \frac{12 \times 4 \times 3200 \times 0.5098 \times 1.0942}{96}$$

$$E = 892.52 \text{ lux}$$

Para calcular el error se utiliza la siguiente ecuación:

$$Er = \left| \frac{DT - DE}{DT} \right| \times 100 \text{ (Ecuación No. 8)}$$

Donde:

Er = error (%)

DT = dato teórico

DE = dato experimental

Sustituyendo datos:

$$Er = \frac{750 - 892.52}{750} \times 100$$

$$Er = 19.00\%$$

- Distribución con 10 luminarios.

Calculando E:

$$E = \frac{10 \times 4 \times 3200 \times 0.5098 \times 1.0942}{96}$$

$$E = 743.76 \text{ lux}$$

Calculando el error:

$$Er = \frac{750 - 743.76}{750} \times 100$$

$$Er = 0.83\%$$

Como se puede observar, el error es mucho menor al elegir 10 luminarios, que fue el dato que se obtuvo inicialmente, por lo cual el cálculo de 4 luminarios a lo largo se aproximará a 5 y el cálculo 3 luminarios a lo ancho se aproximará a 2, quedando la distribución de la siguiente manera:

5 luminarios a lo largo y 2 luminarios a lo ancho, para un total de 10 luminarios.

2.6.6.8.3 Distancia entre luminarios

- El espaciamiento entre centros de lámparas a lo largo se calcula con la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 71).

$$d_1 = \frac{l}{n_{\text{largo}}} \quad (\text{Ecuación No. 10})$$

Donde:

d_1 = espaciamento entre los centros de lámparas a lo largo
(m)

l = largo (m)

n_{largo} = número de luminarios a lo largo

Sustituyendo datos:

$$d_1 = \frac{12}{5}$$

$$d_1 = 2.4 \text{ m}$$

- El espaciamento entre centros de lámparas a lo ancho se calcula con la siguiente ecuación: (Ref. 9, pp. 71).

$$d_2 = \frac{a}{n_{\text{ancho}}} \quad (\text{Ecuación No. 11})$$

Donde:

d_2 = espaciamento entre los centros de lámparas a lo ancho
(m)

a = ancho (m)

n_{ancho} = número de luminarios a lo ancho

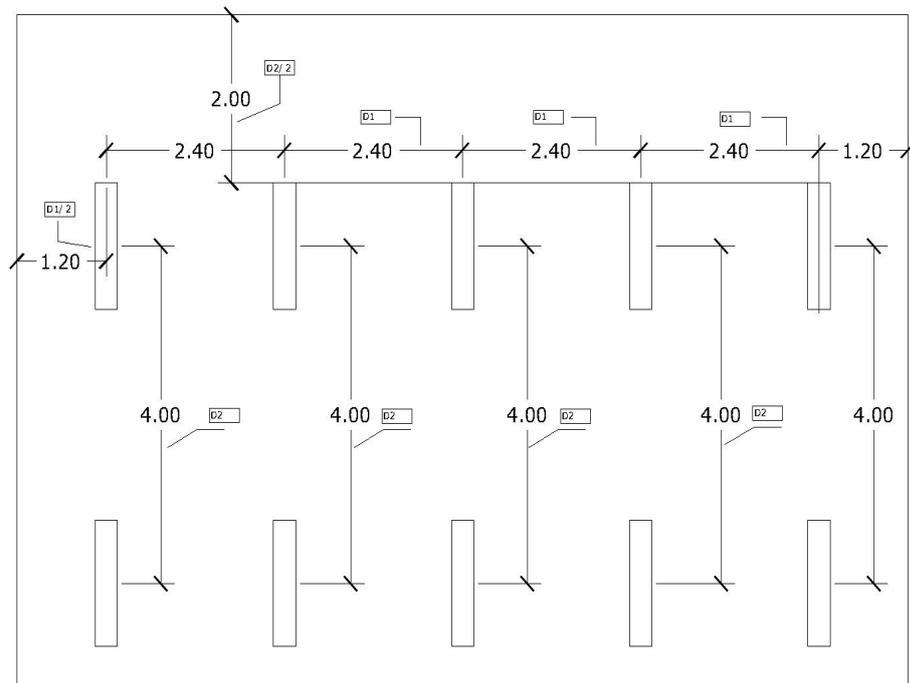
Sustituyendo datos:

$$d_2 = \frac{8}{2}$$

$$d_2 = 4 \text{ m}$$

Para tener una idea más clara de la distribución de los luminarios, se presenta la siguiente figura:

Figura 4. Distribución de luminarios



2.6.7 Carpeta de toxicidades de reactivos utilizados

La carpeta de toxicidades es una fuente de seguridad para los estudiantes, la cual debe contener los siguientes datos:

1. Datos de peligro a la salud. Esta sección incluye uno de los siguientes enunciados:

- LD50 (dosis letal cincuenta). Esta es la dosis sencilla que es letal (generalmente por ingestión) en miligramos de sustancia química por kilogramo (mg/Kg) por peso animal de la sustancia química que se espera que mate a un 50% de la población animal en estudio en un período específico de tiempo.
- LC50 (concentración letal cincuenta). Es la concentración de una sustancia química en el aire expresada como ppm para gases y para vapores o como miligramos de material por litro (mg/L) de aire para polvo y para partículas que se espera maten al 50% de una población animal por inhalación en estudio en un tiempo específico.
- Límite de Exposición Permitido (PEL). Este número es la concentración de una sustancia química en el aire expresada en unidades de ppm o mg/m^3 . Este número es establecido como la concentración máxima en el aire que se respira y que puede ser inhalado sin peligro por un trabajador adulto durante 8 horas al día, 40 horas a la semana, presumiendo que la persona tiene una salud promedio.

2. Propiedades Químicas y Físicas. Esta sección generalmente incluye alguno de los siguientes términos:

- Punto de Ebullición. Este valor se expresa tanto en grados Celsius o Fahrenheit, generalmente a presión atmosférica pero (de indicarse) puede ser a presión reducida.
- Punto de Fusión. Puede estar dado en grados Celsius o Fahrenheit.
- Presión de Vapor. Generalmente en torr a una temperatura especificada o a temperatura ambiente si la temperatura no se especifica.
- Gravedad Específica. Densidad con respecto al agua a una temperatura específica o (si no es especificada) temperatura ambiente.

- Solubilidad. El valor dado es la solubilidad aproximada en agua y es a temperatura ambiente a menos que se indique lo contrario.
 - Apariencia y Olor. Líquido, sólido o gas (a temperatura ambiente); color cristalino o amorfo, con olor o no y otras características.
 - Razón de Evaporación. Relativo a acetato de n-butilo u otras sustancias volátiles. Generalmente, las condiciones bajo las cuales se determinan estos valores de límites de inflamabilidad de un líquido sólo se aproximan al valor real de los límites de inflamabilidad bajo las condiciones de laboratorio existentes actualmente.
3. Precauciones para Derrames y su Limpieza. Esta sección describe los procedimientos para una limpieza apropiada de un derrame.
 4. Reactividad. Algunas sustancias químicas reaccionan de forma vigorosa con otras sustancias químicas, algunas son autorreactivas y otras son inestables y se descomponen vigorosamente al ser perturbadas. La reactividad incluye todas estas características. La reactividad de una sustancia química es especificada en su Hoja de Seguridad.
 5. Límites de Exposición a Tiempo Corto (STEL). Este número es la concentración en ppm o mg/m^3 que no deben de ser excedidos por más de un período de tiempo corto (usualmente 15 minutos).
 6. Órgano Objetivo. El nombre de un órgano u órganos (riñones, hígado, piel, ojos, etc.) y sistema o sistemas (sistema respiratorio, sistema nervioso central, etc.) que pueden ser afectados por una sobreexposición a una sustancia química.
 7. Valor límite del umbral (TLV). Este número es un límite de concentración; éste es un límite recomendado voluntariamente.

2.6.8 Rutas de evacuación

2.6.8.1 Evacuación por alarma contra incendios

Uso de un sistema de evacuación:

- Se utiliza un patrón estandarizado de evacuación, el cual fue recomendado por primera vez en la edición 1979 de NFPA 72A, Instalación, Mantenimiento y Uso de Sistemas de Señalización de Protección Local para Rondas de Guardia, Alarmas contra Incendios y Servicio de Supervisión.
- La señal temporal tres de evacuación de emergencia es un patrón de sonido, más que un tipo específico de sonido.
- El patrón puede ser generado por cualquier tipo de dispositivo de notificación audible, como un timbre, bocina o parlante.
- Dado que no existe un requerimiento en la frecuencia audible o tono de la señal, la mayoría de los dispositivos de notificación existentes pueden ser fácilmente convertidos en una señal temporal tres.

Plan de protección contra incendios:

- Puede contemplar la evacuación parcial o la reubicación de los ocupantes.
- La señal de evacuación de emergencia temporal es utilizada toda vez que se espera el abandono del edificio por parte de los ocupantes, de modo que se aplica sólo en los casos cuando el plan de protección contra incendios implica la evacuación total o parcial.
- La señal de emergencia temporal tres no se aplica donde el plan de protección contra incendios implica la reubicación dentro del edificio.
- Los sistemas de comunicación de emergencia por voz o alarma son con frecuencia utilizados para ayudar a implementar planes de protección contra incendios en edificios.

- Cuando son utilizados para transmitir automáticamente mensajes de voz de evacuación, los mensajes de evacuación de voz deben estar precedidos y seguidos por al menos dos ciclos de la señal de evacuación por emergencia.
- En contraste, cuando los sistemas de comunicación de emergencia por voz o alarma son utilizados para automáticamente transmitir instrucciones de reubicación, las instrucciones de voz deben estar precedidas por un tono de alerta continua de 6 a 10 segundos de duración.

2.6.9 Ventilación

DATOS:

- Dimensiones del laboratorio:

Frente: 12 m

Fondo: 8 m

Alto: 3.2 m

- Velocidad del viento:

Las instalaciones del laboratorio se encuentran ubicadas en un lugar donde se determinó que la velocidad del viento, en promedio, es de 10 Km/h, en paralelo.

Una de las ecuaciones que se debe utilizar es la de flujo de aire, que es directamente proporcional al número de veces que se debe renovar el aire por el volumen del lugar.

En este caso, el número de renovaciones es 4/h, debido a los materiales a utilizar, clasificando el laboratorio como un taller, como se muestra en la siguiente tabla: (Ref. 15, pp. 82).

Tabla XIII. Renovación del aire

Lugar requerido	No. de veces por hora
Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 - 4
Hospitales, enfermedades epidémicas	5 - 6
Talleres	3 - 4
Teatros	3 - 4

$$Q_1 = \text{No. renovaciones} \times V_{\text{aire}} \quad (\text{Ecuación No. 12})$$

Donde:

Q_1 = flujo de aire (m^3/h)

No. renovaciones = número de renovaciones (1/h)

V_{aire} = volumen de aire (m^3)

El volumen de aire se calcula fácilmente con la siguiente ecuación, ya que se conocen las dimensiones del lugar:

$$V_{\text{aire}} = l \times a \times h \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde :

V_{aire} = volumen de aire (m^3)

l = largo (m)

a = ancho (m)

h = altura (m)

Sustituyendo datos:

$$V_{\text{aire}} = 12 \times 8 \times 3.2$$

$$V_{\text{aire}} = 307.2 \text{ m}^3$$

Sin embargo, el flujo de aire también se calcula con la siguiente ecuación:
(Ref. 15, pp. 83).

$$Q_2 = A_{\text{mín.}} \times c \times \bar{v}_{\text{aire}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

Q_2 = flujo de aire (m^3/h)

$A_{\text{mín.}}$ = área mínima de ventilación (m^2)

c = constante

\bar{v}_{aire} = velocidad del viento (m/h)

Igualando ambas ecuaciones:

$$Q_1 = Q_2$$

$$\text{No. renovaciones} \times V_{\text{aire}} = A_{\text{mín.}} \times c \times \bar{v}_{\text{aire}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Despejando el área en la ecuación 15:

$$A_{\text{mín.}} = \frac{\text{No. renovaciones} \times V_{\text{aire}}}{c \times \bar{v}_{\text{aire}}}$$

El valor de la constante se encuentra en la siguiente tabla: (Ref. 15, pp. 82).

Tabla XIV. Constante de proporcionalidad

Constante c	Características
0.25 - 0.35	Cuando actúa longitudinalmente
0.3 - 0.5	Cuando actúa perpendicularmente

Sustituyendo datos:

$$A_{\min.} = \frac{4 \times 307.2}{0.25 \times 10000}$$

$$A_{\min.} = 0.49 \text{ m}^2$$

Entonces, el área mínima que se requiere para tener una adecuada ventilación del laboratorio es de 0.49 m².

2.6.10 Pisos

- No deben existir espacios o juntas entre una baldosa y otra.
- Antideslizante, resistente a la abrasión, a los agentes químicos, fácil de limpiar.
- Se deben elegir materiales que eliminen al máximo la necesidad de juntas, ya que estas pueden actuar como reservorio de microorganismos.
- No se recomiendan los suelos de materiales plásticos de PVC o similares, debido a que con el tiempo tienen la tendencia a despegarse y son vulnerables a caídas de objetos punzocortantes, ácidos, álcalis y otras sustancias de uso regular en los laboratorios.
- En general, los pisos deben reunir las siguientes propiedades:
 - Resistencia máxima.
 - Impermeabilidad.
 - Inalterabilidad a agentes químicos.
 - Sin juntas o la menor cantidad de ellas posibles.

- Amortiguador de sonido.
- Antideslizante.
- Fácil de limpiar y descontaminar.
- Económico mantenimiento.

(Ref. 11).

2.6.11 Drenajes

2.6.11.1 Detalle del sistema

El sistema de drenajes de superficies consiste de canales, sumideros y pozos de desagüe, con rejillas en varios materiales y terminaciones.

El sistema está diseñado para llevar eficientemente agua superficial y otros líquidos desde un área de superficie dura o pavimentada al sistema de drenaje subterráneo.

La flexibilidad del posicionamiento de los sumideros y toma del desaguadero evitan conflicto con otros servicios del subsuelo.

El sistema de drenaje prefabricado es más barato y seguro que el construido in situ. Por ello, reduce los costos de materiales y tiempos de montaje.

2.6.11.2 Canales

La mayoría de las rejillas son fijadas mediante pernos de acero zincado de alta resistencia o pernos de acero inoxidable. Se utilizan rejillas que por razones de seguridad pueden ser atornilladas a los canales mediante una barra de fijación dentro de los rebajes de fijación patentados, o por tornillos que se fijan a barras dúctiles fundidas.

Los canales con rejillas removibles proporcionan inspección y acceso continuos para mantenimiento. Un canal estándar tiene un metro de largo, aunque la mayoría de los sistemas incluye canales de 500 mm. Todos los canales son probados independientemente a las clases de carga según la norma DIN 19580 (Ref. 12). Los canales se encuentran disponibles con una profundidad continua o una pendiente incorporada de 0,6 % (6mm de diferencia de altura por un metro de largo).

2.6.11.3 Sumideros y pozos de desagüe

Los sumideros se utilizan para atrapar residuos y para realizar la conexión al sistema de desagüe subterráneo. Estos pueden ser conectados al final de un tramo, o entre tramos con o sin pendientes convergentes.

Los pozos de desagüe pueden ser utilizados con la mayoría de los canales y tienen una mayor capacidad que los sumideros. Los sumideros y pozos de desagüe pueden ser suministrados con canastilla para sedimentos.

2.6.11.4 Reducción de costos de instalación

Estudios independientes muestran que la instalación del canal de drenaje prefabricado frecuentemente es más simple y más fácil y, por ello, más económico que el drenaje subterráneo o la construcción in situ: excavación más ajustada (en promedio 0.5 metros comparado a 1 metro o incluso más de 2 metros).

2.6.11.5 Requerimiento

Para poder aprovechar al máximo zonas y superficies muy frecuentadas, las mismas tendrán que ser drenadas rápida y esmeradamente.

Los sistemas de canales para estas áreas tienen que resistir los altos esfuerzos y ser muy estables. Además, habrán de adaptarse a la imagen general armónica de los edificios e instalaciones y al diseño. (Ref. 12).

2.6.12 Tuberías

2.6.12.1 Consideraciones generales y criterios de diseño

El diseño de un [sistema](#) de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, brida y su tortillería, empaaduras, [válvulas](#), accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes, pero no incluye el de [estructuras](#) para fijar los soportes.

Incluso en el caso en que los soportes sean diseñados por un ingeniero estructural, el diseñador mecánico de la tubería debe conocer el diseño de los mismos, por la [interacción](#) directa entre tuberías y soportes.

2.6.12.2 Procedimiento de diseño de tuberías

La lista siguiente [muestra](#) los pasos que deben completarse en el diseño mecánico del sistema de tuberías:

- Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo [presión](#), temperaturas y otras condiciones, tales como la [velocidad](#) del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.

- Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del [proceso](#), es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.
- Selección de los [materiales](#) de la tubería con base en [corrosión](#), fragilización y [resistencia](#).
- Selección de las clases de "rating" de bridas y válvulas.
- Cálculo del espesor mínimo de pared para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.
- Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.
- Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de [los valores](#) admisibles, con el objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los [valores límites](#), satisfaciendo así los criterios del [código](#) a emplear.

2.6.12.3 Normas de diseño

Las [normas](#) más utilizadas en el [análisis de sistemas](#) de tuberías son las normas conjuntas del American Standard Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc.

Cada uno de estos códigos recoge la experiencia de numerosas [empresas](#) especializadas, investigadores, ingenieros de [proyectos](#) e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas, a saber:

- B31.1 (1989) Power Piping
- B31.3 (1990) Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping

- B31.4 (1989) Liquid Transportation System for Hydrocarbons, Petroleum [Gas](#), Anhydrous Ammonia and Alcohols
- B31.5 (1987) Refrigeration Piping
- B31.8 (1989) Gas Transmission and Distribution Piping System
- B31.9 (1988) Building Services Piping
- B31.11 (1986) Slurry Transportation Piping System

En lo que concierne al diseño todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al [cálculo](#) de los esfuerzos y a los factores admisibles.

2.6.12.4 Agua

Las tuberías de agua deben ser aéreas, debido a su fácil utilización e instalación, así como por seguridad industrial de las personas que trabajan dentro del laboratorio.

2.6.12.5 Gas propano

- Suelen ser de [cobre](#) o [hierro](#) fundido (dúctil o laminar según las presiones aplicadas), dependiendo del tipo de instalación, aunque si son de un material metálico es necesario realizar una conexión a la red de [toma de tierra](#).
- Deben ser de PRFV en el caso de tuberías de conducción con requerimientos térmicos y mecánicos menos exigentes, además soportan altas presiones
- Se utiliza la norma internacional ASME B31.8 - Conducciones de gas. (Ref. 2)
- Su diseño debe ser aéreo, por la funcionalidad y seguridad industrial que representa.

2.6.12.6 Electricidad

- Todas las instalaciones eléctricas, incluyendo el alambrado y accesorios, aparato, iluminación, sistemas de señal, sistemas despertadores, sistemas de mando a distancia, cumplirán con la norma NFPA 70, del Código Eléctrico. (Ref. 11).
- Sólo individuos calificados por entrenamiento o experiencia pueden reparar equipo eléctrico o electrónico.
- No usar cables eléctricos como soporte.
- Reportar inmediatamente cualquier falla eléctrica o evidencia de equipo sobrecalentado.
- Inspeccionar periódicamente todo el equipo eléctrico para estar seguros que el aislante en el cable no esté deteriorado, roto, fracturado o dañado.
- Asegurarse que vayan 3 cables a tierra, o se usen cables doblemente aislados y cables aislados para las aplicaciones de 110-115V AC.

2.7 Estudio técnico de diseño de nuevos laboratorios

2.7.1 Ubicación

Los nuevos laboratorios de Química de la Escuela de Ingeniería Química se ubican en la parte correspondiente al parqueo de catedráticos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, construyéndose los mismos por encima de este parqueo, con el objetivo de no afectar el espacio destinado para este propósito, lo cual se detalla en los planos correspondientes.

2.7.2 Requerimientos de espacio en edificios de varios niveles

El requerimiento de espacio en edificios de varios niveles consiste en optimizar el espacio de diseño de los laboratorios dentro de la nueva construcción propuesta, tomando en cuenta los elevadores, gradas, servicios sanitarios y cubículos respectivos, lo cual forma en conjunto el nivel respectivo, que en el caso de este estudio, se proyecta un segundo nivel de construcción.

Estos requerimientos se satisfacen con el diseño propuesto, lo cual se observará con detalle al visualizar los respectivos planos que se muestran en el capítulo siguiente.

2.7.3 Distribución de laboratorios, cubículos y servicios sanitarios

La distribución de laboratorios en el segundo nivel, así como la distribución de cubículos y servicios sanitarios se muestra en los planos respectivos en la sección de resultados:

3. RESULTADOS

3.1 Presupuesto de equipamiento de los nuevos laboratorios

3.1.1 Reactivos

En el siguiente presupuesto se detallan los costos de los reactivos a utilizar en el laboratorio. (Ref. 6).

Tabla XV. Presupuesto para reactivos

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD ENVASE	PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO UNIT. (Q)	PRECIO (Q) + 30%	CANT.	TOTAL (Q)
Metanol absoluto	4 litros	116.87	876.51	1139.46	1	1139.46
Nitrato de plata	1 Kilo	383.47	2876.00	3738.80	1	3738.80
Permanganato de potasio	500 g.	75.10	563.28	732.26	1	732.26
Sulfato de cobre pentahidratado	200 g.	78.35	587.60	763.88	1	763.88
Sulfato de zinc heptahidratado	200 g.	91.24	684.27	889.55	1	889.55
Hidróxido de sodio pellets	1 Kilo	54.83	411.20	534.56	1	534.56
Bromuro de sodio	1 Kilo	375.14	2813.58	3657.65	1	3657.65
Tetracloruro de carbono	1 litro	269.87	2024.00	2631.20	1	2631.20
β-naftol	500 g.	190.53	1429.00	1857.70	1	1857.70
Ftalato ácido de potasio	500 g.	265.48	1991.10	2588.43	1	2588.43
2-Butanol	4 litros	155.07	1163.00	1511.90	1	1511.90
2-Propanol	4 litros	66.50	498.75	648.38	1	648.38
2-Propanol industrial	1 galón	22.00	165.00	214.50	1	214.50
Ácido clorhídrico fumante 37%	2.5 litros	115.63	867.20	1127.36	1	1127.36
Ácido clorhídrico industrial	Galón	13.00	97.50	126.75	1	126.75
Ácido sulfúrico 37%	500 mL	163.99	1229.94	1598.92	1	1598.92
Ácido sulfúrico 97-99%	2.5 litros	65.24	489.33	636.13	1	636.13
Ácido sulfúrico industrial 37%	1 galón	15.33	115.00	149.50	1	149.50
Ácido sulfúrico industrial 99%	1 galón	25.84	193.80	251.94	1	251.94
Ácido oxálico industrial	500 g.	21.76	163.21	212.17	1	212.17
Alcohol isoamílico	4 litros	529.90	3974.25	5166.53	1	5166.53
Anhídrido ftálico	500 g.	394.75	2960.60	3848.78	1	3848.78
Alcohol isopentílico	1 litro	162.00	1215.00	1579.50	1	1579.50
Alcohol isopropílico	4 litros	66.50	498.75	648.38	1	648.38
Tiosulfato de sodio	500 g.	70.95	532.11	691.74	1	691.74
Alcohol terc-amílico	1 litro	216.13	1621.00	2107.30	1	2107.30
Bromo puro	25 mL	385.33	2890.00	3757.00	1	3757.00
Carburo de calcio	1 Kilo	429.33	3220.00	4186.00	1	4186.00
Cloroformo	1 litro	35.00	262.50	341.25	1	341.25
Dicromato de potasio	500 g.	69.44	520.80	677.04	1	677.04
Etanol absoluto	4 litros	66.37	497.75	647.08	1	647.08

Éter etílico	4 litros	380.00	2850.00	3705.00	1	3705.00
Glicerina U.S.P.	1 galón	52.89	396.70	515.71	1	515.71
Glicerina U.S.P.	1 litro	217.73	1633.00	2122.90	1	2122.90
Hexano	4 litros	115.60	867.00	1127.10	1	1127.10
Indicador cromoazurol S	25 g.	638.96	4792.20	6229.86	1	6229.86
Indicador naranja de metilo	25 g.	119.12	893.40	1161.42	1	1161.42
Indicador verde de bromocresol	5 g.	187.73	1408.00	1830.40	1	1830.40
Indicador púrpura de bromocresol	5 g.	264.53	1984.00	2579.20	1	2579.20
Indicador rojo de metilo	25 g.	265.11	1988.30	2584.79	1	2584.79
TOTAL						70518.02

3.1.2 Equipo y cristalería

En el siguiente presupuesto se detallan los costos de equipo y cristalería.

Tabla XVI. Presupuesto para equipo y cristalería

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO UNIT. (Q)	PRECIO (Q) + 30%	CANT.	TOTAL (Q)
Plancha de calentamiento y agitador Código LC11851B, (Ref. 5, pp. 451)	466.00	3495.00	4543.50	4	18174.00
Soporte para buretas con base de acero Código LC5264, (Ref. 5, pp. 230)	38.00	285.00	370.50	8	2964.00
Soporte rectangular con base de acero Código LC23183B, (Ref. 5, pp. 230)	28.50	213.75	277.88	8	2223.00
Soporte con base de trípode de acero Código LC23184B, (Ref. 5, pp. 230)	41.00	307.50	399.75	8	3198.00
Anillos de soporte de diversos tamaños					
* LC23186A, (Ref. 5, pp. 230)	14.00	105.00	136.50	4	546.00
* LC23186B, (Ref. 5, pp. 230)	16.00	120.00	156.00	4	624.00
* LC23186C, (Ref. 5, pp. 230)	20.00	150.00	195.00	4	780.00
* LC23186D, (Ref. 5, pp. 230)	21.00	157.50	204.75	4	819.00
* LC23186E, (Ref. 5, pp. 230)	22.00	165.00	214.50	4	858.00
* LC23186F, (Ref. 5, pp. 230)	25.50	191.25	248.63	4	994.50
Pinzas para soportes de diversos modelos, (Ref. 5, pp. 226-227)					
* Ajuste simple de dos patas, LC5323A	21.00	157.50	204.75	3	614.25
* Ajuste dual de dos patas, LC5324A	18.00	135.00	175.50	3	526.50
* Ajuste simple de tres patas, LC5325B	27.50	206.25	268.13	3	804.38
* Ajuste dual de tres patas, LC5326A	26.50	198.75	258.38	3	775.13
* Pinza doble para buretas, LC5404AX	38.00	285.00	370.50	6	2223.00
Termómetros para laboratorio, Código LC23879C, (Ref. 5, pp. 874)	25.50	191.25	248.63	4	994.50
Termómetro digital,	28.50	213.75	277.88	4	1111.50

Código LC24083A, (Ref. 5, pp. 879)					
Barómetro y termómetro digital de pared, modelo estándar, Cód. A-99760-00, (Ref. 4, pp. 412)	173.00	1297.50	1686.75	1	1686.75
Erlenmeyer KIMAX o PYREX de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 366)					
* LC8760A, 25 mL, paquete de 12 unidades	172.00	1290.00	1677.00	1	1677.00
* LC8760B, 50 mL, paquete de 12 unidades	172.00	1290.00	1677.00	1	1677.00
* LC8760C, 125 mL, paquete de 12 unidades	157.00	1177.50	1530.75	1	1530.75
* LC8760D, 250 mL, paquete de 12 unidades	172.00	1290.00	1677.00	1	1677.00
* LC8760F, 500 mL, paquete de 6 unidades	158.00	1185.00	1540.50	1	1540.50
* LC8760G, 1000 mL, paquete de 6 unidades	172.00	1290.00	1677.00	1	1677.00
Erlenmeyer KIMAX o PYREX con tapa para enroscar, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 367)					
* LC8786A, 50 mL, paquete de 6 unidades	357.00	2677.50	3480.75	1	3480.75
* LC8786B, 125 mL, paquete de 6 unidades	355.00	2662.50	3461.25	1	3461.25
* LC8786C, 250 mL, paquete de 6 unidades	404.00	3030.00	3939.00	1	3939.00
* LC8786D, 500 mL, paquete de 6 unidades	378.00	2835.00	3685.50	1	3685.50
* LC8786E, 1000 mL, paquete de 6 unidades	219.00	1642.50	2135.25	1	2135.25
Beakers KIMAX o PYREX de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 89)					
* LC1701B, 20 mL, paquete de 12 unidades	132.00	990.00	1287.00	4	5148.00
* LC1701D, 50 mL, paquete de 12 unidades	123.00	922.50	1199.25	4	4797.00
* LC1701E, 100 mL, paquete de 12 unidades	151.00	1132.50	1472.25	4	5889.00
* LC1701G 250 mL, paquete de 12 unidades	115.00	862.50	1121.25	4	4485.00
* LC1701J, 600 mL, paquete de 6 unidades	133.00	997.50	1296.75	4	5187.00
* LC1701L, 1000 mL, paquete de 6 unidades	179.00	1342.50	1745.25	3	5235.75
* LC1701N, 2000 mL, paquete de 4 unidades	125.00	937.50	1218.75	3	3656.25
Pipetas serológicas de diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 655)					
* LC3609A, 1 mL, paquete de 12 unidades	113.00	847.50	1101.75	2	2203.50
* LC3609B, 2 mL, paquete de 12 unidades	133.00	997.50	1296.75	1	1296.75
* LC3609C, 5 mL, paquete de 12 unidades	133.00	997.50	1296.75	2	2593.50
* LC3609D, 10 mL, paquete de 12 unidades	137.00	1027.50	1335.75	2	2671.50
* LC3609E, 25 mL, paquete de 12 unidades	196.00	1470.00	1911.00	2	3822.00
Pipetas volumétricas de diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 656)					
* LC3612C, 5 mL, paquete de 12 unidades	92.00	690.00	897.00	2	1794.00
* LC3612D, 10 mL, paquete de 12 unidades	103.00	772.50	1004.25	2	2008.50
* LC3612E, 25 mL, paquete de 12 unidades	155.00	1162.50	1511.25	2	3022.50
* LC3612F, 50 mL, paquete de 12 unidades	204.00	1530.00	1989.00	1	1989.00
Goteros de vidrio de 2 mL de capacidad, paquete de 72 unidades, (Ref. 5, pp. 655)	15.00	112.50	146.25	1	146.25
Tubos capilares de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 655)					
* LC3611A, 5 µL, paquete de 1000 unidades	143.00	1072.50	1394.25	1	1394.25
* LC3611B, 10 µL, paquete de 1000 unidades	143.00	1072.50	1394.25	1	1394.25

Bombas de succión para pipetas, (Ref. 5, pp. 659)	24.00	180.00	234.00	8	1872.00
Lápices de succión para pipetas, (Ref. 5, pp. 660)					
* LC20460F, para pipetas de más de 2 mL	19.00	142.50	185.25	10	1852.50
* LC20460G, para pipetas de más de 10 mL	20.00	150.00	195.00	10	1950.00
* LC20460H, para pipetas de más de 25 mL	27.50	206.25	268.13	10	2681.25
Probetas de PYREX, con doble escala métrica, diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 283)					
* LC6896A, 10 mL, paquete de 24 unidades	219.00	1642.50	2135.25	1	2135.25
* LC6896B, 25 mL, paquete de 18 unidades	185.00	1387.50	1803.75	1	1803.75
* LC6896C, 50 mL, paquete de 18 unidades	196.00	1470.00	1911.00	1	1911.00
* LC6896D, 100 mL, paquete de 12 unidades	152.00	1140.00	1482.00	1	1482.00
* LC6896E, 250 mL, paquete de 12 unidades	274.00	2055.00	2671.50	1	2671.50
Pizetas de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 120)					
* LC2757D, 250 mL, paquete de 6 unidades	20.00	150.00	195.00	1	195.00
* LC2757E, 500 mL, paquete de 6 unidades	24.50	183.75	238.88	1	238.88
Balones KIMAX con tapones de vidrio de diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 369)					
* LC8906B, 25 mL, paquete de 12 unidades	226.00	1695.00	2203.50	4	8814.00
* LC8906C, 50 mL, paquete de 12 unidades	239.00	1792.50	2330.25	4	9321.00
* LC8906D, 100 mL, paquete de 12 unidades	266.00	1995.00	2593.50	4	10374.00
* LC8906F, 250 mL, paquete de 12 unidades	315.00	2362.50	3071.25	4	12285.00
* LC8906G, 500 mL, paquete de 12 unidades	396.00	2970.00	3861.00	2	7722.00
* LC8906H, 1000 mL, paquete de 6 unidades	243.00	1822.50	2369.25	2	4738.50
Embudos KIMAX, (Ref. 5, pp. 389)					
* LC9257E, 6", paquete de 12 unidades	97.00	727.50	945.75	1	945.75
* LC9255D, 1.5 a 3.8", paquete de 12 unidades	127.00	952.50	1238.25	1	1238.25
Cronómetros, Cód. LC24492, (Ref. 5, pp. 889)	17.00	127.50	165.75	10	1657.50
Tubos de ensayo PYREX con tapa, diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 911)					
* LC2367A, 9 mL, paquete de 288	278.00	2085.00	2710.50	1	2710.50
* LC2367C, 15 mL, paquete de 288	396.00	2970.00	3861.00	1	3861.00
* LC2367E, 25 mL, paquete de 192	325.00	2437.50	3168.75	1	3168.75
Buretas de diferentes tamaños, (Ref. 5, pp. 126)					
* LC3106B, 25 mL	85.00	637.50	828.75	25	20718.75
* LC3106C, 50 mL	92.00	690.00	897.00	25	22425.00
Accesorios, (Ref. 5, pp.130)					
* Trípode de hierro con patas de 9" LC25420A-OD, con anillo de 6",	31.50	236.25	307.13	5	1535.63
* Triángulos con galvanizado de hierro, LC25405A, de 2", paquete de 5 unidades	21.00	157.50	204.75	5	1023.75
* Pinzas para el manejo de beakers de 100 a 1500 mL, LC1880D	38.00	285.00	370.50	8	2964.00
* Rejillas de asbesto, 5X5", LC30585B, paquete	27.50	206.25	268.13	1	268.13

de 20 unidades					
* Encendedor de fricción, de metal, con extremos reemplazables, LC10327, paquete de 10 unidades	47.50	356.25	463.13	1	463.13
* Repuestos para encendedor, LC10328, paquete de 5 unidades	3.25	24.38	31.69	1	31.69
Vidrios de reloj PYREX, distintos tamaños, (Ref. 5, pp. 297)					
* LC28700A, 65 mm. Φ, paquete de 12 unidades	44.00	330.00	429.00	1	429.00
* LC28700C, 90 mm. Φ, paquete de 12 unidades	52.00	390.00	507.00	1	507.00
* LC28700E, 125 mm. Φ, paquete de 12 unidades	80.00	600.00	780.00	1	780.00
Espátulas de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 842-844)					
* Set de 4 espátulas de acero, LC2227	19.00	142.50	185.25	1	185.25
* Espátula de 3", LC22280A paquete de 12 unidades	102.00	765.00	994.50	1	994.50
* Espátula de 5", LC22280C paquete de 12 unidades	151.00	1132.50	1472.25	1	1472.25
* Espátula de 8", LC22280E paquete de 12 unidades	194.00	1455.00	1891.50	1	1891.50
Tapones de hule surtidos, tamaños #00 a #8, sólidos, de un agujero y de dos agujeros, paquete de 60 unidades, LC21602, (Ref. 5, pp. 863)	40.00	300.00	390.00	1	390.00
Tapones sólidos, de cabeza plana, de PTFE (porcelana) de diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 864)					
* LC3273A, tamaño 9	13.50	101.25	131.63	4	526.50
* LC3273B, tamaño 13	16.00	120.00	156.00	4	624.00
* LC3273C, tamaño 16	17.50	131.25	170.63	4	682.50
* LC3273E, tamaño 22	18.50	138.75	180.38	4	721.50
Tapones de corcho surtidos, tamaños 0-11, paquete de 100 unidades, LC6501A, (Ref. 5, pp. 865)	41.00	307.50	399.75	1	399.75
Tapones de corcho surtidos, tamaños 6-15, paquete de 100 unidades, LC6501B, (Ref. 5, pp. 865)	63.00	472.50	614.25	1	614.25
Guantes de látex, pequeños, medianos o grandes, Cód. A-86231-60 a 62, (Ref. 4, pp. 580), caja	11.25	84.38	109.69	4	438.75
Guantes de neopreno de distintos tamaños, Cód. A-09112-22, 24, 25 y 26, (Ref. 4, pág. 580), paquete	58.50	438.75	570.38	4	2281.50
Conductímetro Modelo 330i, Cód. LC4411, (Ref. 5, pp. 248)	808.00	6060.00	7878.00	4	31512.00
Secador con ciclo automático, grande, Cód. LC7404B, (Ref. 5, pp. 292)	2480.00	18600.00	24180.00	1	24180.00
Crisoles, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 297)					
* LC7493A, 35 mL de capacidad	6.50	48.75	63.38	4	253.50
* LC7493B, 50 mL de capacidad	6.50	48.75	63.38	4	253.50
* LC7493C, 75 mL de capacidad	6.50	48.75	63.38	4	253.50

* LC7493D, 100 mL de capacidad	6.50	48.75	63.38	4	253.50
* LC7493E, 125 mL de capacidad	6.50	48.75	63.38	4	253.50
Multímetro de pantalla ajustable, Cód. LC25225, (Ref. 5, pp. 313)	94.00	705.00	916.50	8	7332.00
Papel aluminio estándar, Cód. LC28204AX, (Ref. 5, pp. 341)	6.50	48.75	63.38	4	253.50
Papel parafilm, Cód. LC9896D, (Ref. 5, pp. 341)	61.00	457.50	594.75	4	2379.00
Kitasatos PYREX, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 372)					
* LC8840C, 125 mL, paquete de 6 unidades	314.00	2355.00	3061.50	1	3061.50
* LC8840E, 500 mL, paquete de 6 unidades	312.00	2340.00	3042.00	1	3042.00
* LC8840F, 1000 mL, paquete de 6 unidades	414.00	3105.00	4036.50	1	4036.50
Papel filtro grado 3, retención de 6 µm, 200 mL/min, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 360)					
* LC8350D, 9 cm. Φ, paquete de 100 unidades	15.00	112.50	146.25	1	146.25
* LC8350G, 15 cm. Φ, paquete de 100 unidades	33.50	251.25	326.63	1	326.63
Membranas para filtración de polipropileno, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 353)					
* LC85913A, 25 mm. Φ, paquete de 100 unidades	75.00	562.50	731.25	1	731.25
* LC85913B, 47 mm. Φ, paquete de 100 unidades	114.00	855.00	1111.50	1	1111.50
Campana de extracción LABCONCO, 70 X 53 X 25", Cód. LC9135, (Ref. 5, pp. 377)	5589.00	41917.50	54492.75	1	54492.75
Ampollas de decantación KIMAX, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 390)					
* LC9465B, 60 mL, paquete de 2 unidades	195.00	1462.50	1901.25	2	3802.50
* LC9465C, 125 mL, paquete de 2 unidades	189.00	1417.50	1842.75	2	3685.50
* LC9465D, 250 mL, paquete de 2 unidades	222.00	1665.00	2164.50	2	4329.00
* LC9465E, 500 mL	129.00	967.50	1257.75	2	2515.50
Muffle con rango de temperatura de 100° a 1100°C, 5 X 4½ X 6", Cód. LC9772A, (Ref. 5, pp. 391)	1104.00	8280.00	10764.00	1	10764.00
Kit de agitadores magnéticos de 16 unidades, diversos tamaños, Cód. LC3278, (Ref. 5, pp. 468)	13.00	97.50	126.75	2	253.50
Morteros de porcelana, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 588)					
* LC16640A, capacidad de 50 mL	14.00	105.00	136.50	4	546.00
* LC16640C, capacidad de 150 mL	20.00	150.00	195.00	4	780.00
* LC16640E, capacidad de 225 mL	22.00	165.00	214.50	4	858.00
Pistilos de porcelana, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 588)					
* LC16640N, 65 mm.	13.50	101.25	131.63	4	526.50
* LC16640L, 125 mm.	15.00	112.50	146.25	4	585.00
* LC16640M, 160 mm.	16.00	120.00	156.00	4	624.00
Horno para laboratorio multipropósito, con termostato hidráulico, 20 X 25 X 14", Cód. LC1964E, (Ref. 5, pp. 604)	564.00	4230.00	5499.00	1	5499.00
Soluciones Buffer, (Ref. 5, pp. 650)					
* LC12135A, pH 4, color rojo, bote de 500 mL	15.00	112.50	146.25	1	146.25

* LC12135B, pH 7, color amarillo, bote de 500 mL	15.00	112.50	146.25	1	146.25
* LC12135D, pH 9, transparente, bote de 500 mL	15.00	112.50	146.25	1	146.25
Manómetro de 4", rango de 0 a 60 psi, Cód. LC4595E, (Ref. 5, pp. 695)	49.50	371.25	482.63	1	482.63
Bomba de vacío, Cód. LC20925B, (Ref. 5, pp. 704)	839.00	6292.50	8180.25	1	8180.25
Gradillas para tubos de ensayo, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 718)					
* LC4931A, tubos de 13 mm., capacidad para 72 tubos	35.00	262.50	341.25	4	1365.00
* LC4931H, tubos de 20 mm., capacidad para 80 tubos	38.00	285.00	370.50	4	1482.00
* LC4931L, tubos de 25 mm., capacidad para 80 tubos	36.00	270.00	351.00	4	1404.00
Refractómetro MASTER-alpha, Cód. LC4938A, (Ref. 4, pp. 723)	225.00	1687.50	2193.75	1	2193.75
Refrigerador para laboratorio, con puerta sólida, Cód. LC3094A, (Ref. 5, pp. 729)	1598.00	11985.00	15580.50	1	15580.50
Cucharones de poliestireno, diversos tamaños, (Ref. 4, pp. 803)					
* LC22047A, cap. de 60 mL, paquete de 12 unidades	10.50	78.75	102.38	2	204.75
* LC22047B, cap. de 120 mL, paquete de 12 unidades	19.00	142.50	185.25	2	370.50
Tubería para laboratorio resistente a bajas y altas temperaturas, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 921)					
* LC26000D, 1.6 mm. Φ, 25 pies	12.00	90.00	117.00	1	117.00
* LC26000M, 4.0 mm. Φ, 25 pies	22.00	165.00	214.50	1	214.50
* LC26000BB, 8.0 mm. Φ, 25 pies	88.00	660.00	858.00	1	858.00
* LC26000PP, 12.8 mm. Φ, 25 pies	127.00	952.50	1238.25	1	1238.25
Tubería para bomba, diversos tamaños, (Ref. 4, pp. 992)					
* LC26015C, 4.8 mm. Φ, 50 pies	52.00	390.00	507.00	1	507.00
* LC26015F, 8.0 mm. Φ, 50 pies	72.00	540.00	702.00	1	702.00
Tubería de látex para mechero Bunsen, 12 pies, Cód. LC26025BB, (Ref. 5, pp. 130)	8.00	60.00	78.00	1	78.00
Abrazaderas de metal para alta presión, Cód. LC5254AH, (Ref. 5, pp. 925), paquete de 10 unidades	21.00	157.50	204.75	2	409.50
Destilador de agua, 1.9 L/h Cód. LC7269, (Ref. 5, pp. 960)	1850.00	13875.00	18037.50	1	18037.50
Recipientes contenedores para aspiración, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 118)					
* LC2415C, 500 mL, paquete de varias unidades	367.00	2752.50	3578.25	1	3578.25
* LC2415D, 1000 mL, paquete de varias unidades	106.00	795.00	1033.50	1	1033.50
Balones de tres bocas, (Ref. 5, pp. 372)					
* LC8820B, 500 mL, uniones 19/22	72.00	540.00	702.00	2	1404.00
* LC8820C, 500 mL, uniones 24/40	127.00	952.50	1238.25	2	2476.50
Botes contenedores de seguridad de boca angosta, (Ref. 5, pp. 112)					
* LC27006B, 480 mL, paquete de 12 unidades	65.00	487.50	633.75	1	633.75

* LC27006C, 960 mL, paquete de 12 unidades	91.00	682.50	887.25	1	887.25
Botes contenedores de seguridad de boca ancha, 950 mL, Cód. LC27007C, (Ref. 5, pp. 112), paquete de 12 unidades	152.00	1140.00	1482.00	1	1482.00
Frascos para goteros de PYREX, diversos tamaños, (Ref. 5, pp. 122)					
* LC2461A, 30 mL, paquete de 12 unidades	287.00	2152.50	2798.25	1	2798.25
* LC2461C, 125 mL, paquete de 12 unidades	391.00	2932.50	3812.25	1	3812.25
Cepillos para limpieza de cristalería, diversos tipos, (Ref. 5, pp. 124)					
* LC3000, para tubos de ensayo	4.75	35.63	46.31	4	185.25
* LC2875, para beakers	18.00	135.00	175.50	4	702.00
* LC2885B, para botes y probetas	10.50	78.75	102.38	4	409.50
* LC2906, para buretas de 25 mL	6.50	48.75	63.38	4	253.50
* LC2905, para buretas de 50 mL	7.25	54.38	70.69	4	282.75
* LC2850, para embudos	6.00	45.00	58.50	4	234.00
* LC2945A, para Erlenmeyers y balones de 250 mL	7.50	56.25	73.13	4	292.50
* LC2945B, para Erlenmeyers y balones de 500 mL	8.50	63.75	82.88	4	331.50
* LC2945C, para Erlenmeyers y balones de 1000 mL	9.00	67.50	87.75	4	351.00
* LC2873A, para pipetas	11.50	86.25	112.13	4	448.50
Mecheros, (Ref. 5, pp. 130)					
* LC3555, tipo Tirrill	32.50	243.75	316.88	2	633.75
* LC3535, tipo Meker, para altas temperaturas	68.00	510.00	663.00	2	1326.00
* LC3455, tipo Bunsen, con gas natural	20.00	150.00	195.00	2	390.00
Garrafón con llave de paso, capacidad de 20 L, Cód. LC2569C, (Ref. 5, pp. 134)	72.00	540.00	702.00	1	702.00
Llave de paso para garrafón, Cód. LC2569D, (Ref. 5, pp. 134)	13.00	97.50	126.75	2	253.50
Cables de corriente para equipos eléctricos, 1 par Cód. LC7892, (Ref. 5, pp. 315)	27.50	206.25	268.13	2	536.25
Termómetro para refrigerador, Cód. LC2427, (Ref. 4, pp. 880)	46.00	345.00	448.50	1	448.50
Tubería de hule, diversos diámetros, (Ref. 4, pp. 922)					
* LC26025H, 3.2 mm. Φ, 12 pies	7.50	56.25	73.13	1	73.13
* LC26025U, 6.4 mm. Φ, 12 pies	6.50	48.75	63.38	1	63.38
* LC26025BB, 8.0 mm. Φ, 12 pies	8.00	60.00	78.00	1	78.00
Agitador digital eléctrico, Cód. LC4894M, (Ref. 4, pp. 819)	2399.00	17992.50	23390.25	1	23390.25
Hidrómetro, rango de gravedad específica de 1.60 a 1.82, Cód. LC12950D, (Ref. 5, pp. 477)	23.00	172.50	224.25	4	897.00
Recipientes contenedores para desechos, capacidad de 44 galones, Cód. LC9696D, (Ref. 5, pp. 26)	52.00	390.00	507.00	4	2028.00
Papel toalla desechable, paquete de 12 rollos, Cód. LC5667, (Ref. 5, pp. 236)	28.50	213.75	277.88	1	277.88
Soluciones calibradoras para conductímetro, botella					

de 16 onzas, (Ref. 5, pp. 250)					
* LC4416B, 10 μ S	18.00	135.00	175.50	1	175.50
* LC4416C, 100 μ S	18.00	135.00	175.50	1	175.50
* LC4416D, 1000 μ S	18.00	135.00	175.50	1	175.50
* LC4416F, 10000 μ S	18.00	135.00	175.50	1	175.50
Lavaojos, Cód. LC4959A, (Ref. 5, pp. 757)	28.50	213.75	277.88	1	277.88
Mascarillas contra vapores orgánicos, paquete de 20 unidades, Cód. LC5413C, (Ref. 5, pp. 782)	53.00	397.50	516.75	1	516.75
Picnómetros, diversas capacidades, (Ref. 5, pp. 289)					
* A-34579-26, 10 mL	52.50	393.75	511.88	12	6142.50
* A-34579-27, 25 mL	53.00	397.50	516.75	12	6201.00
Manómetro diferencial de 0 a 160 psid, Cód. A-68402-05. (Ref. 4, pp. 1248)	843.00	6322.50	8219.25	1	8219.25
Condensador de bolas, Cód. A-34510-03, (Ref. 4, pp. 801)	130.00	975.00	1267.50	8	10140.00
Condensador de espiral, 20 cm. de diámetro, Cód. A-34625-00, (Ref. 4, pp. 805)	120.00	900.00	1170.00	8	9360.00
Aparato de destilación con condensador de tubo liso, 500 mL, Cód. A-34510-30, (Ref. 4, pp. 804)	495.00	3712.50	4826.25	4	19305.00
Adaptadores de vidrio para equipos, (Ref. 4, pp. 702-703)					
* A-34739-03, con forro, tamaño 24/40, 2 unidades	88.50	663.75	862.88	4	3451.50
* A-34741-20, de tres pasos, tamaño 24/40, 6 unidades	401.00	3007.50	3909.75	3	11729.25
* A-34725-06, para filtrado al vacío, tamaño 24/40	52.50	393.75	511.88	4	2047.50
Controlador de burbuja, Cód. A-34634-00, (Ref. 4, pp. 804)	51.00	382.50	497.25	1	497.25
Sistema de extracción Soxhlet, 250 mL, Cód. A-99036-20, (Ref. 4, pp. 355)	318.00	2385.00	3100.50	1	3100.50
Papel pH, dispensador con 2 rollos, paquete de 10, Cód. A-59200-20, (Ref. 4, pp. 1133)	65.00	487.50	633.75	1	633.75
Protector facial de seguridad, Cód. BH-81652-50, (Ref. 4, pp. 1583)	6.20	46.50	60.45	2	120.90
Ducha de seguridad, Cód. A-86000-80, (Ref. 4, pp. 1589)	219.00	1642.50	2135.25	1	2135.25
Botiquín de primeros auxilios equipado, kit de 36 unidades, Cód. A-86103-05, (Ref. 4, pp. 1594)	82.50	618.75	804.38	1	804.38
Guantes de tela, resistentes a altas temperaturas, 1 par, Cód. A-86364-10, (Ref. 4, pp. 1611)	67.00	502.50	653.25	2	1306.50
Respiradores de rostro completo, medianos, Cód. A-40113-12, (Ref. 4, pp. 1633)	129.00	967.50	1257.75	2	2515.50
Extintidores, capacidad de 4 lb. Cód. A-86331-04, (Ref. 4, pp. 1592)	45.00	337.50	438.75	2	877.50
Potenciómetro WTW HANDEHELD pH	939.88	7049.10	9163.83	6	54982.98

<p>meters, Modelo 340 i Código LC9555, (Ref. 5, pp. 364)</p>					
<p>Potenciómetro Accumet Excel XI50. pH/mV/Temperature/ISE/Conductivity meter accumet XI50 meter Kit/pH con Nist-Traceable, incluye meter combination pH electrode, 13-620-130, ATC probe 13-620-19, electrodo support manual, 110/220 poxer suplí. (Ref. 6).</p>	2985.47	22391.01	29108.31	1	29108.31
<p>pH electrode Sentix 41 marca WTW pH range 0..14/0..80 °C. (Ref. 6).</p>	320.58	2404.34	3125.64	6	18753.84
<p>Balanza Adventure Pro Precision OHAUS con calibración interna. Capacidad de 310 g. con readability 0.001 g., con linealidad +-0.002 g. Código LC1568JC, (Ref. 5, pp. 29). Voltaje 110. (Ref. 6).</p>	1867.01	14002.57	18203.34	2	36406.68
<p>Balanza Adventure Pro Precision OHAUS con calibración interna. Capacidad de 810 g. con readability 0.01 g., con linealidad +-0.02 g. Código LC1568DC, (Ref. 5, pp. 29). Voltaje 110. (Ref. 6).</p>	1153.86	8653.93	11250.11	2	22500.22
<p>Balanza OHAUS Scout Pro con calibración interna. Capacidad de 4000 g. con readability 0.1 g., con linealidad +-0.02 g. Código LC1566G, (Ref. 5, pp. 29). Voltaje 110</p>	603.41	4525.59	5883.27	1	5883.27
<p>Balanza OHAUS Explorer Pro Analytical con calibración interna automática. Capacidad de 100/210 g. con readability 0.1/1 mg., con linealidad +-0.2/0.5 mg. Código LC1294ACAL, (Ref. 5, pp. 29). Voltaje 110. (Ref. 6).</p>	3474.13	26056.01	33872.81	1	33872.81
<p>Sistema de Espectrofotometría Ultravioleta-Visible (UV-VIS) G1812AA (Ref. 6), que incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Espectrofotómetro de arreglo de diodos 8453 UV-Visible b) Interfase LAN c) Software de propósito general UV-Visible ChemStation d) HP VL PC con 128 MB RAM, CD-ROM drive, monitor de 17", Microsoft Windows XP Pro e) Impresora Hewlett-Packard DeskJet color f) Muestras de referencia de cafeína, para probar señal en el equipo g) Celda de cuarzo, 1 cm. de paso de luz <p>Se ofrece por la compra:</p>	17226.61	129199.61	167959.49	1	167959.49

a) Instalación del equipo en el laboratorio					
b) Curso de operador del equipo para cuatro Personas					
c) Curso de capacitación para el uso de Software					
d) Dos servicios de mantenimiento durante el año de garantía					
TOTAL					1007879.58

3.1.3 Mobiliario, drenajes y tuberías

En el siguiente presupuesto se detallan los costos de mobiliario, drenajes y tuberías.

Tabla XVII. Presupuesto para mobiliario, drenajes y tuberías

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT. (Q)	PRECIO (Q) + 30%	CANT.	TOTAL (Q)
Estanterías para el almacenamiento de reactivos y Cristalería	19000	24700	1	24700
Mesas de trabajo, incluyendo las tuberías respectivas y sus accesorios	11400	14820	3	44460
Drenajes para el laboratorio, incluyendo sus respectivos acabados	8200	10660	1	10660
TOTAL				79820

3.1.4 Costo total

Tabla XVIII. Presupuesto de inversión, operación y mantenimiento para el laboratorio

RUBROS	AÑOS				
	2010	2011	2012	2013	2014
Inversión inicial					
a) Reactivos	Q.70518.02				
b) Equipo y cristalería	Q.1007879.58				
c) Mobiliario, drenajes y tubería	Q.79820.00				
TOTAL	Q.1158217.60				

Operación					
a) Personal					
- 1 encargado de bodega, ayudante de cátedra II, por 4 horas (Q.2600/mes)		Q.41600	Q.41600	Q.41600	Q.41600
- 2 auxiliares de bodega ayudantes de cátedra I, por 6 horas (Q.3585/mes cada uno)		Q.114720	Q.114720	Q.114720	Q.114720
b) Reactivos, equipo y cristalería		Q.390000	Q.400000	Q.400000	Q.400000
TOTAL		Q.546320	Q.556320	Q.556320	Q.556320
Mantenimiento		Q.50000	Q.50000	Q.50000	Q.50000
TOTALES	Q.1158217.60	Q.596320	Q.606320	Q.606320	Q.606320

NOTA: El presupuesto se debe complementar con los costos de instalaciones eléctricas e hidráulicas, así como análisis de suelos y diseño de estructuras, conjuntamente con la inversión de la construcción del edificio, para que el proyecto tenga viabilidad.

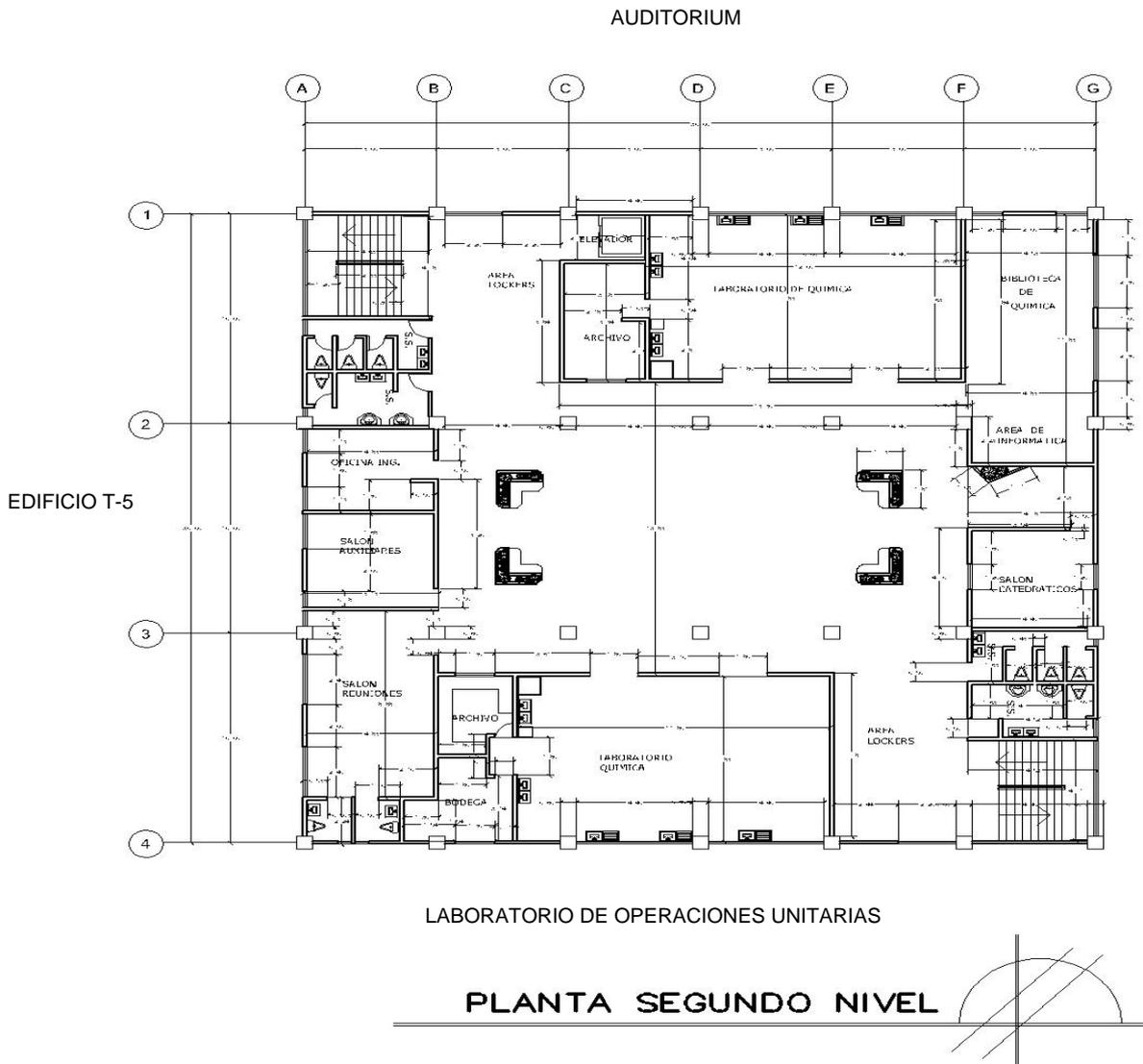
La tabla anterior muestra el costo aproximado para el equipamiento de cada laboratorio de Química propuesto, cuyo monto asciende a Q.1158217.60; debido a que se proponen dos laboratorios, el costo total de inversión es de **Q.2316435.20**.

3.1.4 Fuentes de financiamiento

Para efectos de construcción, se propone que la Decanatura de la Facultad de Ingeniería de la USAC gestione fondos ante el Consejo Superior Universitario para la construcción de un edificio de 4 niveles (aunque se construya primero el sótano, así como el primer y segundo nivel del edificio) que albergará los laboratorios propuestos. Para el equipamiento que se requiere, se propone la gestión de fondos a los organismos del Banco Interamericano de Desarrollo, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y entidades internacionales acreditadas en Guatemala.

3.2 Planos de los nuevos laboratorios

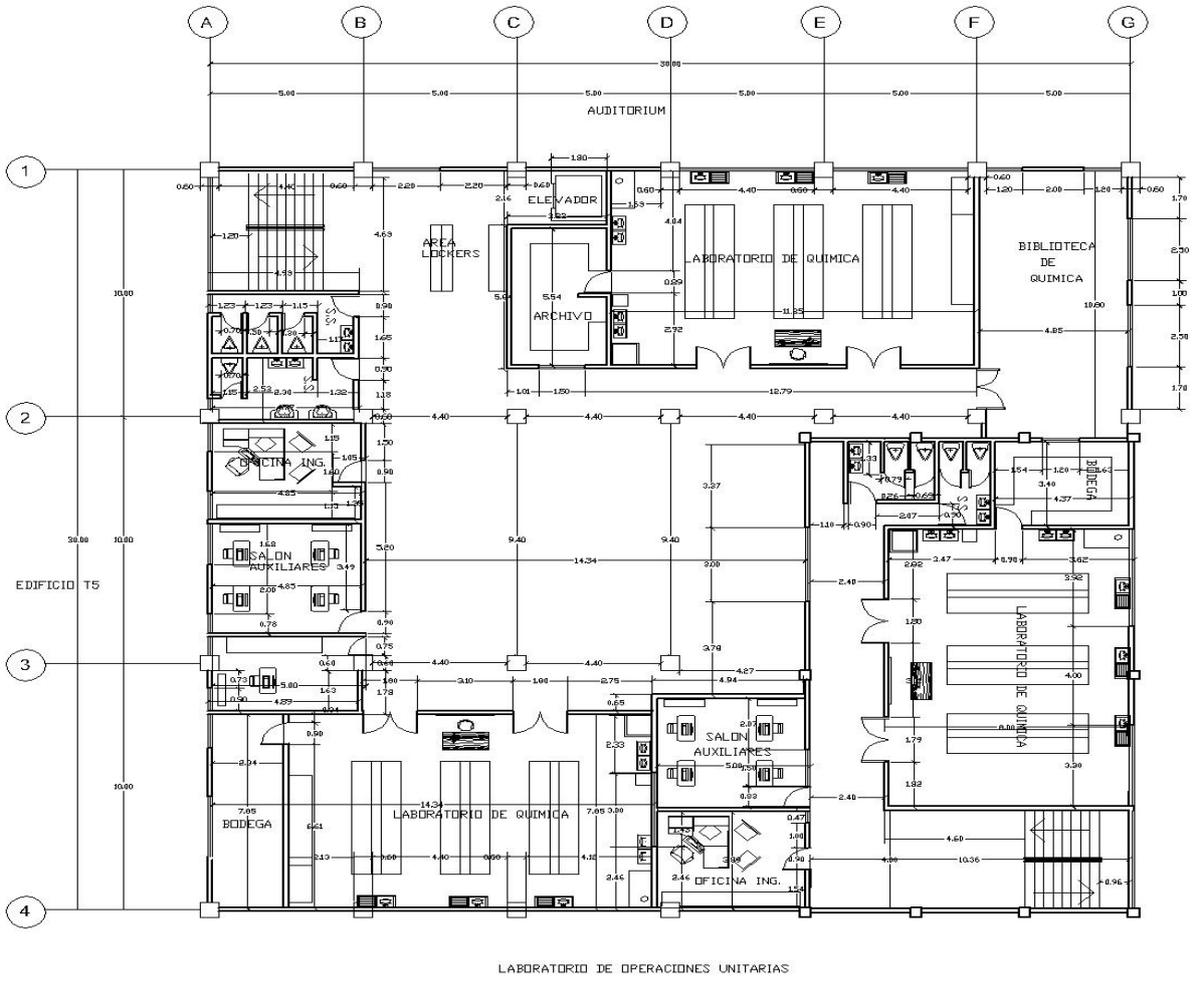
Figura 5. Plano del segundo nivel acotado, propuesta A



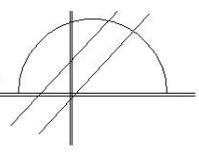
Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de ambientes del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala (2º. nivel de este edificio)

Figura 6. Plano del segundo nivel acotado, propuesta B



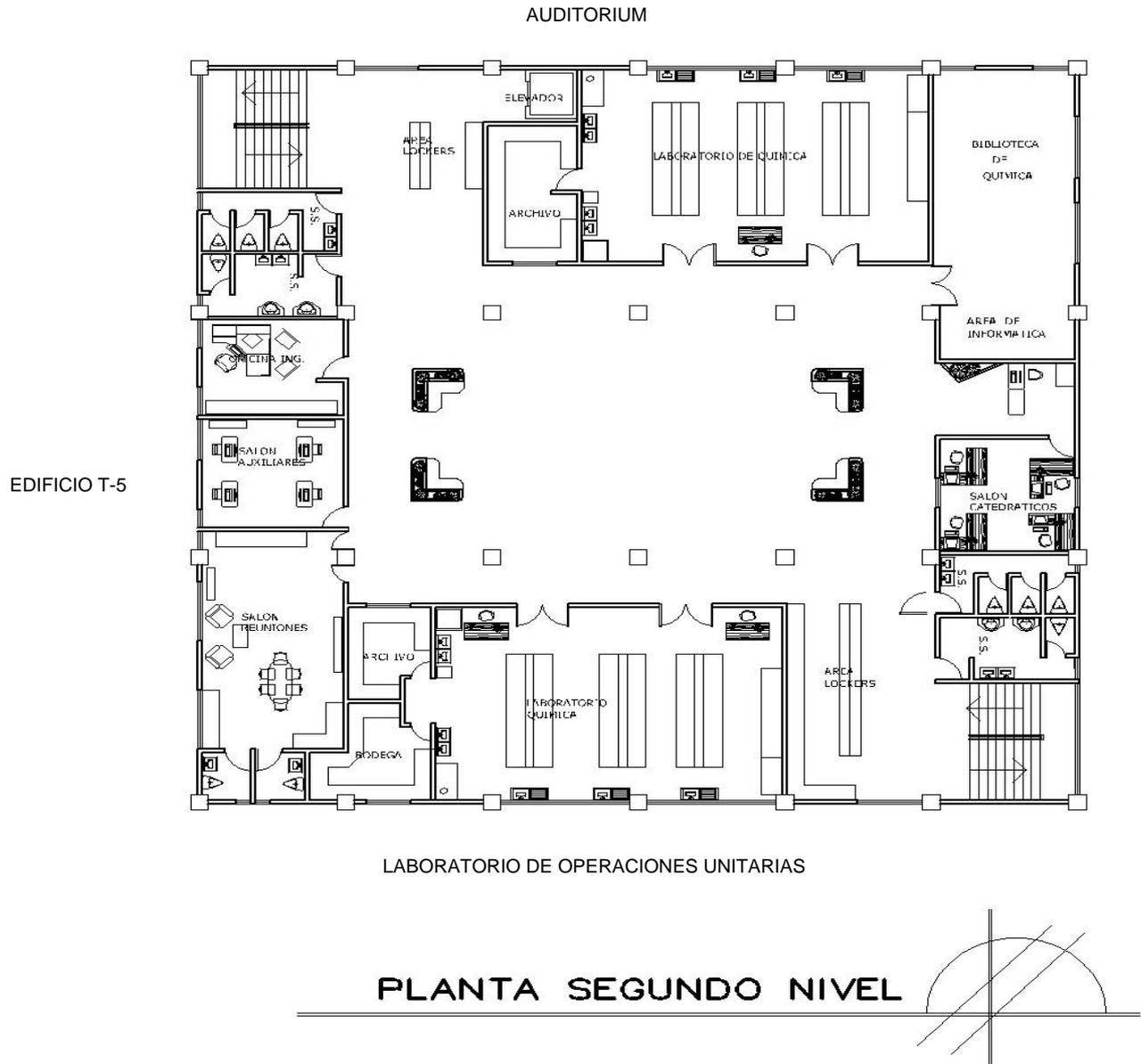
PLANTA SEGUNDO NIVEL



Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de ambientes del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala (2º nivel de este edificio)

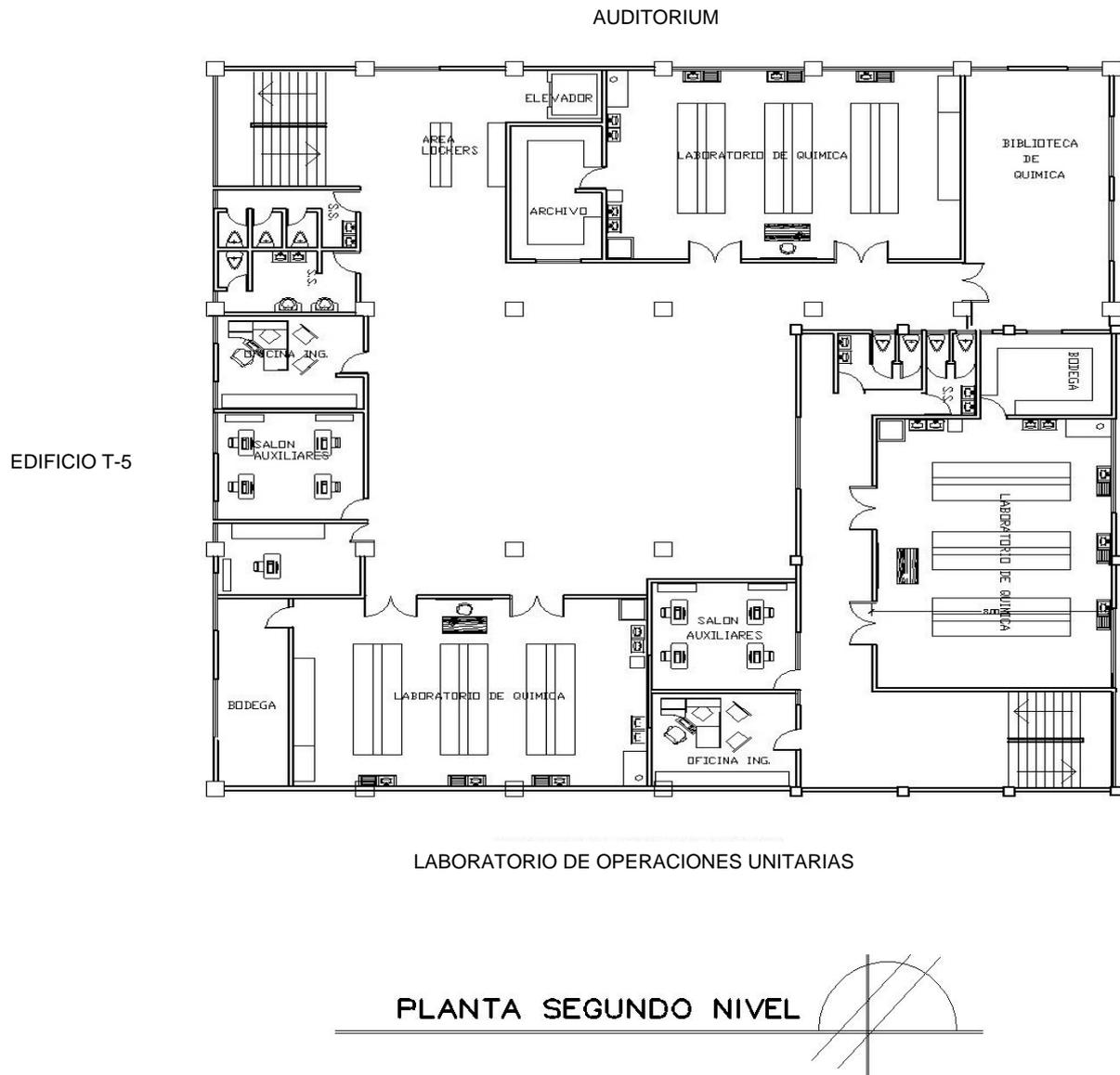
Figura 7. Plano del segundo nivel con detalle del mobiliario, propuesta A



Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de ambientes del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala (2º nivel de este edificio)

Figura 8. Plano del segundo nivel con detalle del mobiliario, propuesta B



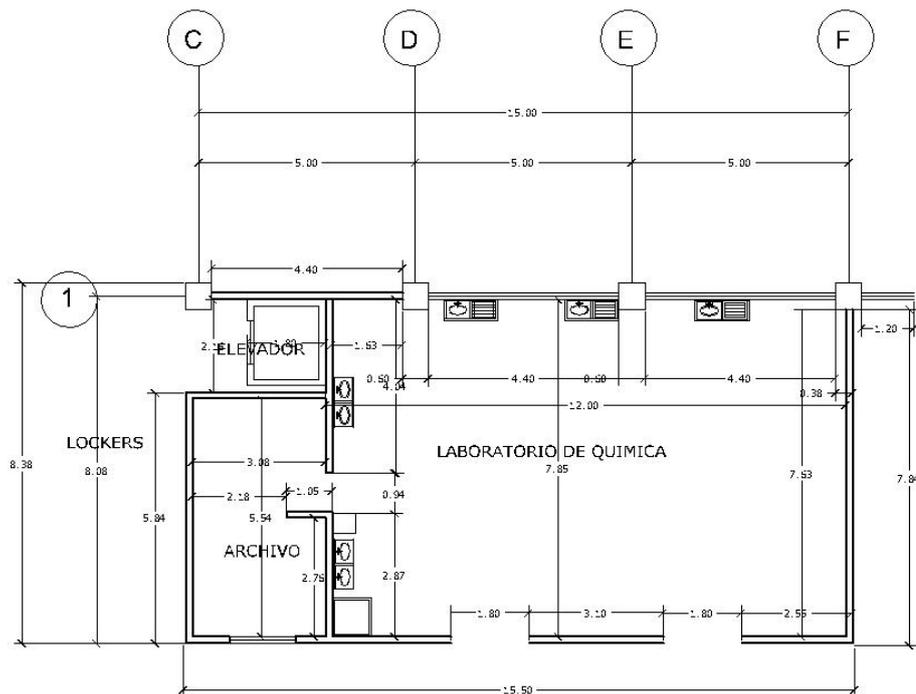
Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de ambientes del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala (2º. nivel de este edificio)

3.3 Distribución de planta

3.3.1 Diagramas de flujo

Figura 9. Plano de planta del laboratorio acotado

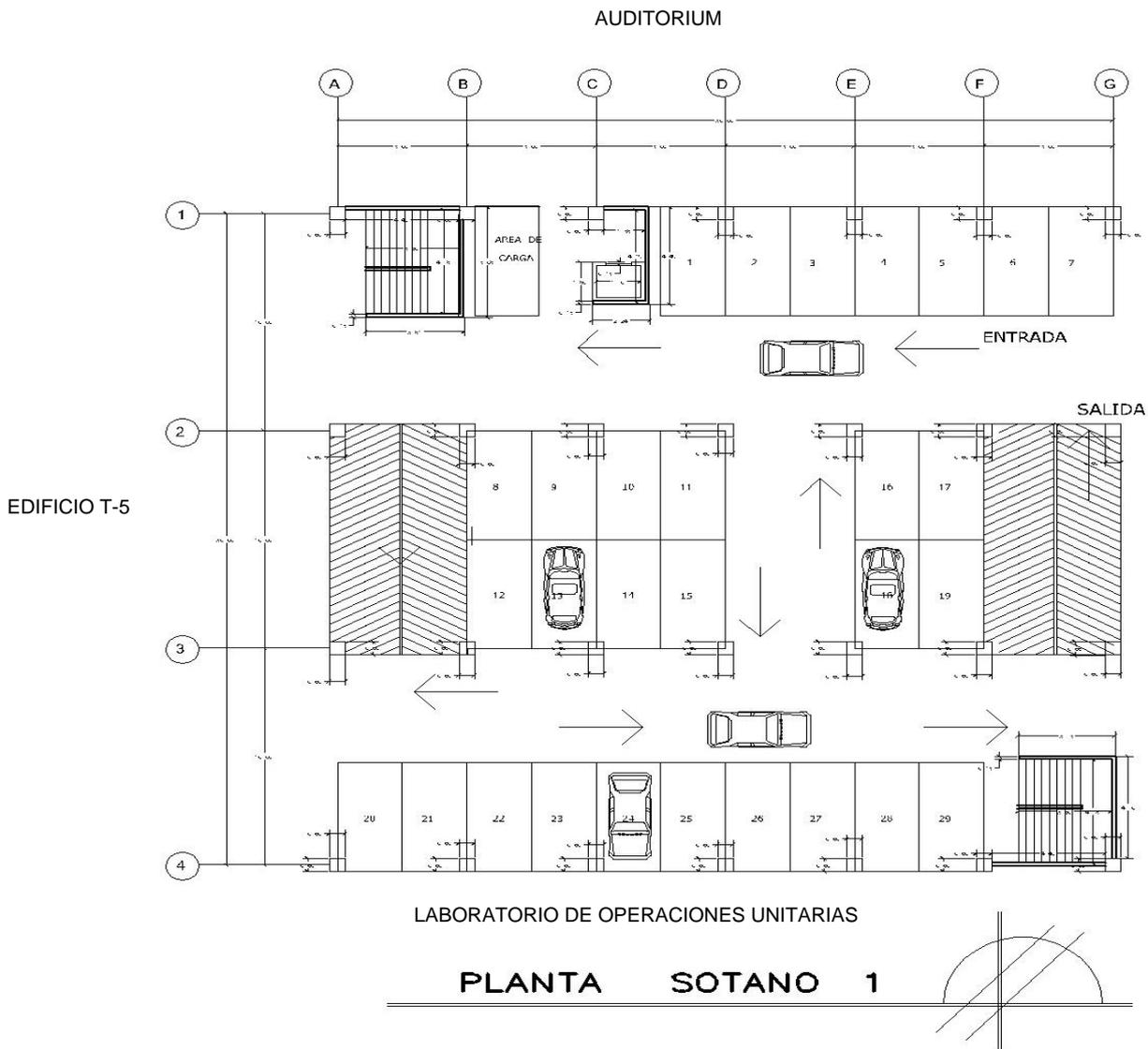


PLANTA DEL LABORATORIO

Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de planta y ambientes de los laboratorios del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

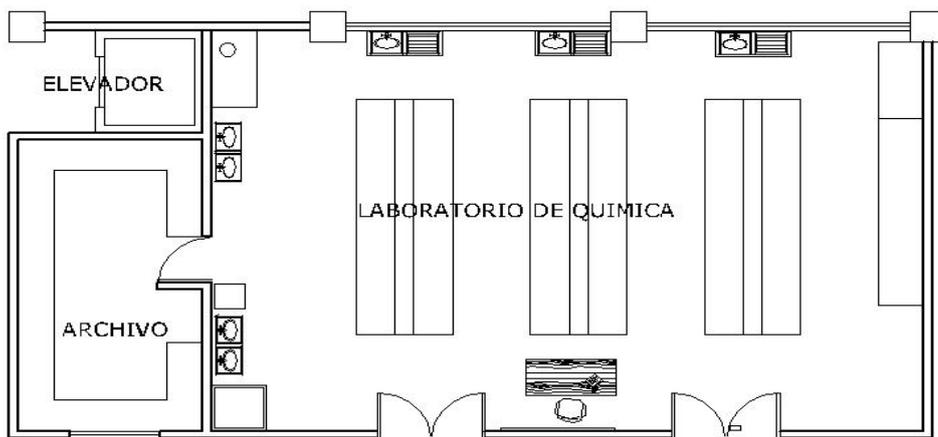
Figura 10. Plano del parqueo de catedráticos (sótano 1) y 1er. nivel acotado



Propuesta de distribución de parqueos en el sótano 1 y 1er. Nivel del edificio que albergará los laboratorios del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

3.3.2 Diagramas de recorrido

Figura 11. Plano de planta del laboratorio con detalle del mobiliario

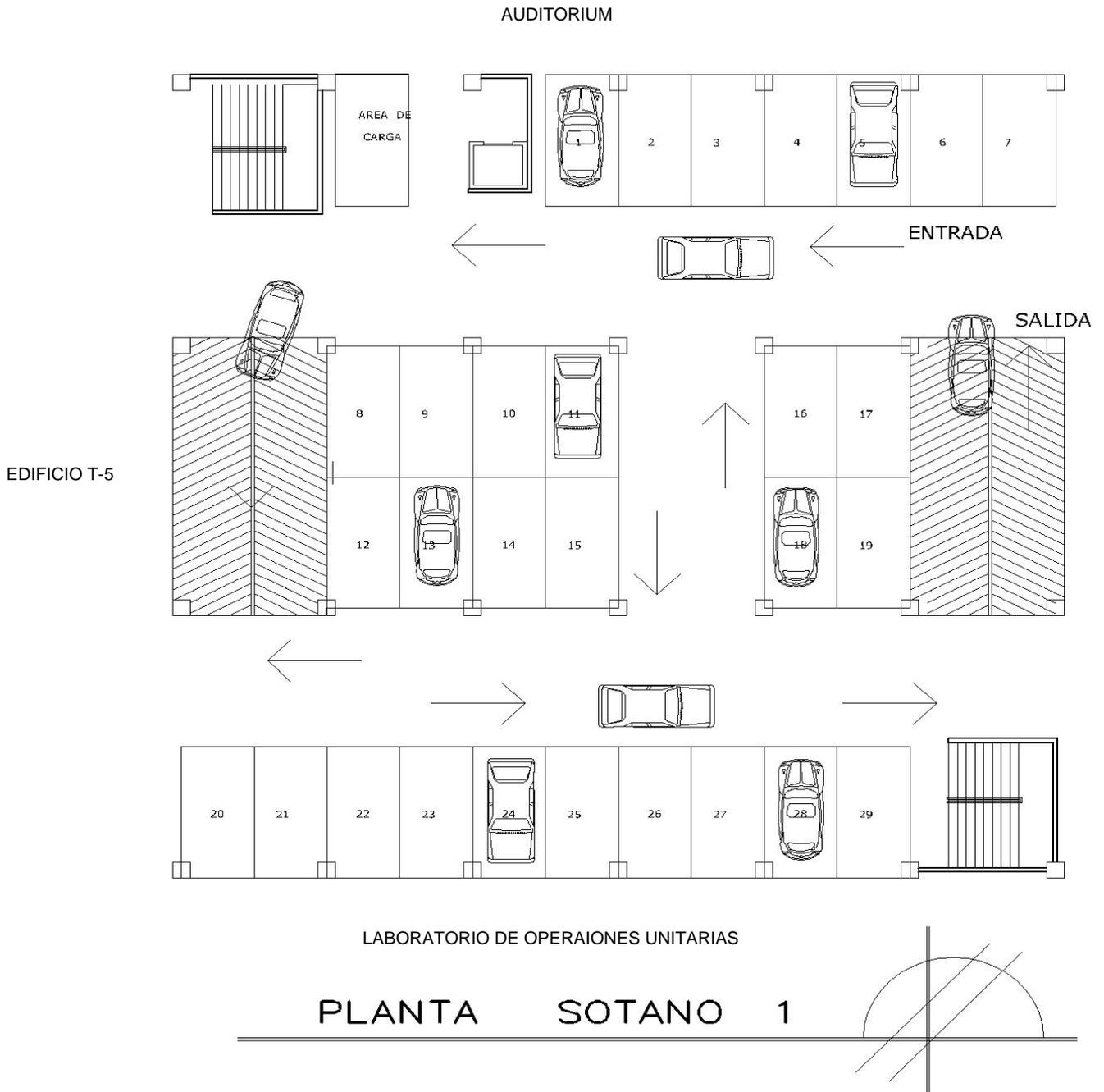


PLANTA DEL LABORATORIO

Nota: El área de archivo se puede utilizar como bodega.

Propuesta de distribución de planta y ambientes de los laboratorios del
Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de
San Carlos de Guatemala

Figura 12. Plano del parqueo de catedráticos (sótano 1) y 1er. nivel sólo mostrando el detalle de la distribución de los vehículos y las rutas de acceso



Propuesta de distribución de parqueos en el sótano 1 y 1er. Nivel del edificio que albergará los laboratorios del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

3.4 Distribución del mobiliario y equipo del laboratorio

El mobiliario del laboratorio quedará distribuido como se muestra en las siguientes fotografías:

Figura 13a. Fotografía del mobiliario



Figura 13b. Fotografía del mobiliario



3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los costos de inversión inicial para el proyecto ascienden a un total de más de Q.1000000, haciendo notar que esto solamente comprende el rubro de equipamiento y no de construcción ni de instalaciones eléctricas.

Dentro del rubro especificado anteriormente, con respecto a la inversión inicial, los costos de reactivos suman más de Q.70000; el equipo y cristalería suma más de Q.1000000 y el mobiliario, drenajes y tubería, más de Q79000.

Esta inversión inicial se plantea tentativamente para el año 2010, como un estimado del tiempo en que se podrán obtener los fondos para la ejecución del proyecto.

Con respecto a los costos de operación, tomando en cuenta al personal que laborará en los laboratorios, el cual consta de 1 encargado y 2 auxiliares para la bodega, así como los reactivos, equipo y cristalería, el monto asciende a más de Q.540000 para el año 2011, llegando a una cantidad de más de Q.550000 para el año 2014, ya que la proyección de los costos se realizó para un período de tiempo de cinco años a partir de su inicio.

Por último, los costos calculado de mantenimiento se estiman en Q.50000 anuales, lo cual suma más de Q.590000 para el primer año de la proyección y más de Q.600000 para el último año.

También se proponen fuentes de financiamiento, las cuales se tomaron en base a criterios realistas sobre precedentes con que se cuentan de instituciones que apoyan proyectos educativos de la índole de este estudio.

Finalmente, se presentan los planos respectivos para dos propuestas de construcción; la primera, para la construcción de los dos laboratorios, pudiendo

utilizar todo el espacio físico del segundo nivel de construcción que se propone y la segunda, tomando en cuenta un tercer laboratorio multifuncional, el cual cuenta con su respectiva área para catedráticos y auxiliares dentro del nivel. Así mismo, se muestran los planos del detalle de mobiliario de ambas propuestas, así como los diagramas de flujo y de recorrido respectivos, tomando en cuenta los parqueos que se proponen, los cuales estarán ubicados como un sótano, con el propósito de no perjudicar las instalaciones físicas de la Facultad de Ingeniería. También se muestran dos fotografías en tres dimensiones con el detalle de la proyección del mobiliario dentro de los nuevos laboratorios.

CONCLUSIONES

1. La inversión en equipamiento de los laboratorios del Área de Química de la propuesta asciende a más de Q.2000000.
2. Los factores de seguridad industrial son prioritarios para la adecuada implementación de los laboratorios propuestos, siendo éstos la base para un adecuado diseño, los cuales deben cumplir con los requerimientos de ergonomía industrial, para el trabajo de los estudiantes y docentes dentro de los mismos.
3. Las fuentes de financiamiento propuestas para la puesta en marcha del proyecto presentan una considerable viabilidad, ya que las mismas apoyan proyectos educativos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Los planos presentados para la implementación de los nuevos laboratorios cumplen con los requerimientos de espacio y distribución para edificios de varios niveles, los cuales se realizaron pensando en futuras ampliaciones del edificio propuesto, así como los planos de los parqueos que se presentan en el presente proyecto.
5. Se debe contar con 10 luminarios como mínimo para que haya una adecuada iluminación dentro de los nuevos laboratorios de Química.

RECOMENDACIONES

1. Es imprescindible contar con equipo de primeros auxilios en un laboratorio de Química, ya que los accidentes pueden ocurrir incluso siguiendo las normas de seguridad correspondientes.
2. Establecer un programa de mantenimiento para los nuevos laboratorios, para que éstos no sufran deterioro por el paso del tiempo, pudiendo así funcionar correctamente durante muchos años.
3. Regirse al diseño propuesto, apegándose a él lo más que se pueda para que se pueda realizar adecuadamente la construcción de los nuevos laboratorios.
4. Elaborar un catálogo sobre normas internacionales para laboratorios químicos y proveerlas a los estudiantes, para que se familiaricen con ellas y tengan conocimiento sobre las acciones a realizar en cada caso que se presente.
5. Acatarse a las normas de seguridad industrial en todos los pasos de la implementación del proyecto, para obtener un resultado exitoso y de beneficio para la población docente y estudiantil de la Escuela de Ingeniería Química.
6. Realizar estudios complementarios de análisis de suelos y diseño de estructuras, así como evaluar los costos de inversión de la construcción, manteniendo la arquitectura del edificio T-3 en estos ambientes y un análisis de la iluminación natural para que el consumo de energía sea mínimo.
7. Realizar los estudios complementarios de las instalaciones eléctricas para el sótano 1, primer nivel y segundo nivel.

8. Tomar en consideración ambas propuestas para el diseño de los laboratorios considerados en este estudio y darle viabilidad a la que se considere más factible, tomando en cuenta los aspectos necesarios para ello.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación de Seguridad Internacional. **Alarmas contra incendios.** <http://www.delhospital.com>. (08/03/2008).
2. Carballo, Manuel. **Una guía para el diseño de tuberías.** <http://www.monografias.com/contacto.shtml>. (05/02/2008).
3. Carrera, Gadea. **Equipos de protección personal, prevención del riesgo en el laboratorio.** <http://www.estrucplan.com.ar>. (14/04/2008).
4. Cole-Parmer. **International Cole-Parmer Cataloge 2003-2004.** Estados Unidos. 2003.
5. Daigger. **International Edition Daigger Cataloge, Laboratory Equipment & Supplies 2006.** Estados Unidos. 2006.
6. Escuela de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala. **Presupuestos para el Laboratorio de Química para el año 2008.** Guatemala. 2007.
7. Fondo de Seguridad de España. **Extinguidores de incendios.** <http://www.fmcsa.dot.gov/factsfigs/eta/393.html>. (06/03/2008).
8. González López, Francisco Javier. **Estudio dirigido de iluminación.** Guatemala. 2005.
9. Koenigsberger, Rodolfo. **Ingeniería Eléctrica 2.** Guatemala: Editorial Universitaria. 15ª. Edición. 2004.

10. Lee, Richard. Prevención contra incendios. <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/vertemas.aspTema=26>. (14/04/2008).
11. Lozano, Luis y Eric Caballero. **Fundamentos generales de diseño, construcción y ambientes de los laboratorios.** <http://www.arqhys.com/acerda.html>. (14/02/2008).
12. Rosenthal, John. **Sistemas de drenajes prefabricados.** <http://www.aco.co.uk>. (05/02/2008).
13. Rueda, Enrique. **Instalación de elementos de seguridad duchas de seguridad y fuentes lavajos.** http://www.pharmaportal.com.ar/tem_seguridad.asp. (03/02/2008).
14. Sociedad Americana Química. **Seguridad en los laboratorios químicos académicos, prevención de accidentes para estudiantes universitarios.** Estados Unidos. (Volumen 1). 2001.
15. Torres, Sergio. **Ingeniería de Plantas.** Guatemala: Editorial Universitaria. 4ª. Edición. 2004.
16. Universidad de Málaga. **Manual de supervivencia en el laboratorio, equipos de seguridad.** http://www.ua.es/centros/facu.ciencias/seguridad/equip_seg_lab.htm#A.%20Campanas. (13/04/2008).

BIBLIOGRAFÍA

1. Asfahl, C. Ray. **Seguridad e higiene industrial**. México: Editorial Prentice-Hall. 2000. 145 pp.
2. Rase, Howard F. y M. H. Barrow. **Diseño de plantas**. México: Editorial Continental. 1973. 726 pp.
3. Universidad del Gobierno Vasco. **Normas de seguridad en laboratorios**. España: Editorial del Departamento de Educación. 2006. 95 pp.
4. Universidad Industrial de Santander. **Especificaciones técnicas de laboratorios**. Chile, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. 2005. 492 pp.
5. Veciana, Antonio Martí y Angelina Constans Auber. **Gestión de la calidad en los laboratorios e higiene industrial**. México, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. 2002. 50 pp.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.