



Universidad Tecnológica de la Mixteca

“Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM”

Tesis que para obtener el título de
Ingeniero en Diseño presenta:

Miriam Bautista Montesinos

Director:

M.D.I. José Luis Jasso Ríos Montañez

Huajuapán de León, Oaxaca, Mayo de 2009.

A Dios que le da sentido a mi vida y guía mis senderos.
A mis padres y mi hermano: son mi motivo, mi fuerza y mi refugio.
Vivir ha sido maravilloso gracias a ustedes. Los amo.

A EGA por su amor y comprensión.

A mi familia por su apoyo y cariño incondicional.

A mis grandes amigos por apoyarme en lo que creo y alimentar nuestros sueños juntos.

A mis compañeros, profesores, técnicos, auxiliares de taller y personal de intendencia que contribuyeron con su motivación, conocimientos y dedicación al desarrollo de este proyecto y de mi carrera profesional. Por su ayuda desinteresada y por brindarme su amistad.

Gracias.

CONTENIDO

I. Introducción	7
II. Antecedentes	8
III. Planteamiento del problema	10
IV. Justificación	11
V. Objetivos	11
VI. Metodología de desarrollo	12
Capítulo 1: Marco teórico	
1.1 Ergonomía	15
1.2 Antropometría	17
1.3 Biomecánica	19
1.3.1 Puesto de trabajo	20
Capítulo 2: Especificaciones de diseño	
2.1 Definición del problema	23
2.2 Necesidades del usuario	24
2.2.1 Identificación de riesgos	24
2.2.2 Conducción del estudio de campo	26
2.2.3 Interpretación de los resultados obtenidos del estudio de campo	32
2.3 Extraer, organizar y priorizar los requerimientos del producto	37
2.4 Establecer los parámetros de diseño	39
2.5 Diagrama de causa-efecto	39
2.5.1 Análisis e interpretación de los diagramas	41
Capítulo 3: Recopilación de datos	
3.1 Iluminación	44
3.1.1 Parámetros de diseño de sistemas de iluminación para puestos de trabajo.	45
3.1.2 Diseño de sistemas de iluminación general: Método de los lúmenes	50
3.2 Color	51
3.3 Consideraciones de diseño para estaciones de computadoras personales	53
3.4 Preferencias de los usuarios en cuanto a atributos sensoriales.	54
3.5 Medidas antropométricas	56
3.6 Estudio de mercado	59
3.6.1 Análisis de las mesas de trabajo	59
3.6.2 Análisis de las sillas de trabajo	63
Capítulo 4: Propuestas de diseño	
4.1 Diseño de la distribución de mobiliario	74
4.2 Propuestas de diseño de la mesa de trabajo:	79
4.3 Propuesta de diseño de soporte de documentos	89

4.4 Propuesta de diseño para estaciones de programación de circuitos	90
4.5 Propuesta de diseño para repisas	92
4.6 Dimensiones de las propuestas de diseño	93
4.6.1 Dimensiones de la mesa de trabajo	93
4.6.2 Dimensiones de las estaciones de programación	97

Capítulo 5: Desarrollo de proyecto.

5.1 Materiales y procesos	100
5.2 Diseño de estructura metálica	102
5.3 Análisis estructural.	103
5.4 Selección de elementos constructivos, acabados y aditamentos.	107
5.4.1 Elección de soporte para circuitos	107
5.4.2 Elección de iluminación	111

Capítulo 6: Evaluación

6.1 Modelos	117
6.2 Verificación de diseño	122

Capítulo 7: Solución final

7.1 Ajustes de diseño	131
7.2 Materiales necesarios para la construcción del mobiliario de trabajo	136
7.3 Conclusiones	139

Conclusiones generales	141
Bibliografía	143
Anexo A: Formato de encuestas	145
Anexo B: Información técnica Trespa Toplab	146
Anexo C: Tablas de luminotecnica	148
Anexo D: Planos	149

Figuras

Figura 1. Laboratorio de Electrónica Analógica (LEA).	8
Figura 2. Mobiliario de trabajo del LEA.	8
Figura 3. Mobiliario del LabCD.	9
Figura 4. Mobiliario del LIDIS.	9
Figura 5. Metodología de desarrollo propuesta por Bruno Munari.	12
Figura 6. Etapas que integran el QFD.	13
Figura 1-1. Puesto de trabajo.	16
Figura 1-2. Percentiles 95, 50 y 5 en estatura de individuos.	17
Figura 1-3. Determinación del rango de altura ajustable empleando percentiles extremos.	18
Figura 1-4. Ejemplo de antropometría estática(a) y dinámica (b).	19
Figura 1-5. Ejemplo de posturas físicas correcta e incorrecta respectivamente.	20
Figura 1-6. Aspectos biomecánicos en el diseño de puestos de trabajo.	22

Figura 2-1. Equipo, herramientas y componentes empleados en el LEA.	25
Figura 2-2. Postura de sentado en usuarios del laboratorio.	33
Figura 2-3. Posturas físicas de los usuarios al realizar actividades en equipos de trabajo.	33
Figura 2-4. Posturas físicas de los alumnos mientras ensamblan circuitos.	34
Figura 2-5. Postura de pie en usuarios del laboratorio.	34
Figura 2-6. Mochilas y cajas de herramientas de los alumnos.	35
Figura 2-7. Elementos estorbosos en el mobiliario de trabajo.	35
Figura 2-8. Posturas físicas asumidas en la silla de trabajo.	35
Figura 2-9. Posturas físicas al manipular el equipo de medición.	36
Figura 2-10. Estación de programación de circuitos y diseño de las ventanas del local.	36
Figura 2-11. Diagrama causa-efecto para la mesa de trabajo.	40
Figura 2-12. Diagrama causa-efecto para la silla de trabajo.	40
Figura 3-1. Relación entre el alumbrado general y el localizado	45
Figura 3-2. Relación óptima entre temperatura de color y nivel de iluminación.	47
Figura 3-3. Clasificación de las luminarias según el tipo de distribución luminosa.	48
Figura 3-4. Distancia entre el usuario y el monitor, altura e inclinación de la pantalla.	53
Figura 3-5. Altura e inclinación correcta (a) e incorrecta (b) del teclado.	53
Figura 3-6. Manipulación correcta (a) e incorrecta (b) del mouse.	54
Figura 3-7. Ancho del asiento (A) y profundidad del asiento (B).	64
Figura 3-8. Ángulo de inclinación (C) y altura del asiento (D).	65
Figura 3-9. Dimensión adecuada del respaldo.	70
Figura 4-1. Croquis de la planta del LEA.	74
Figura 4-2. Propuestas de distribución del mobiliario de trabajo.	76
Figura 4-3. Dimensiones de la distribución elegida.	78
Figura 4-4. Organización de los usuarios en equipos de 2, 3 o 4 integrantes.	79
Figura 4-5 Propuesta A de diseño.	80
Figura 4-6. Propuesta B de diseño.	81
Figura 4-7. Propuesta C de diseño.	82
Figura 4-8. Propuesta D de diseño.	83
Figura 4-9. Propuesta de diseño final.	87
Figura 4-10. Detalles de los elementos de la propuesta final.	88
Figura 4-11. Clip para sujetar hojas.	89
Figura 4-12. Propuesta de diseño para soporte de documentos.	89
Figura 4-13. Propuesta de diseño para estación de programación.	90
Figura 4-14. Elementos que integran la estación de programación	91
Figura 4-15. Organización de conexiones en la estación de programación.	91
Figura 4-16. Propuesta de repisas para almacenaje.	92
Figura 4-17. Ancho total del cuerpo (K).	94
Figura 4-18. Alcance frontal del brazo (A) y del antebrazo (B).	94
Figura 4-19. Altura de codo (C) y altura de codo sentado (D).	94
Figura 4-20. Consideraciones antropométricas en altura de repisa.	95
Figura 4-21. Distancia glúteo-rodilla (L) y profundidad del cuerpo (Q).	95
Figura 4-22. Holgura del muslo (O) y altura poplítea (G).	96
Figura 4-23. Acceso a cajonera.	96

Figura 4-24. Alcance funcional frontal del antebrazo (B).	97
Figura 4-25. Distribución del equipo en estación de programación.	97
Figura 4-26. Alcance frontal del brazo (A).	98
Figura 4-27. Holgura del muslo (O), altura poplíteo (G) y altura de codo sentado (D).	98
Figura 4-28. Visión normal sentado (P).	98
Figura 5-1. Estructura metálica para la mesa de trabajo.	102
Figura 5-2. Estructura metálica para la estación de programación.	103
Figura 5-3. Distribuciones de cargas en estructura de mesa de trabajo.	104
Figura 5-4. Análisis de tensiones para estructura de mesa de trabajo.	105
Figura 5-5. Distribuciones de cargas en estructura de mesa de programación.	106
Figura 5-6. Análisis de tensiones para estructura de mesa de programación.	107
Figura 5-7. Tarjeta de prueba (a), aplicación de soldadura (b) y extracción de soldadura (c).	108
Figura 5-8. Ejemplos de luminarias de escritorio.	114
Figura 5-9. Ejemplos de reflectores.	114
Figura 5-10. Ejemplos de regletas.	115
Figura 5-11. Luminaria tipo regleta para iluminación suplementaria.	116
Figura 5-12. Lámpara fluorescente para luminaria suplementaria.	116
Figura 6-1. Vistas lateral y frontal de modelo funcional.	117
Figura 6-2. Vistas frontal y posterior de tablero eléctrico.	118
Figura 6-3. Explosivo de modelo funcional.	118
Figura 6-4. Propuesta de diseño para soporte de tarjetas de prueba.	119
Figura 6-5. Mesa de trabajo: estructura y modelo terminado.	119
Figura 6-6. Detalles de modelo de mesa de trabajo.	120
Figura 6-7. Tablero eléctrico.	120
Figura 6-8. Soporte de tarjetas de prueba.	121
Figura 6-9. Soporte de documentos.	121
Figura 6-10. Verificación funcional del área de trabajo.	122
Figura 6-11. Verificación funcional de la repisa.	123
Figura 6-12. Verificación funcional del tablero eléctrico.	124
Figura 6-13. Verificación funcional de la cajonera.	124
Figura 6-14. Verificación funcional del soporte de tarjetas de prueba y de documentos.	126
Figura 6-15. Verificación funcional de la silla.	126
Figura 7-1. Centro de carga para interruptores termomagnéticos.	131
Figura 7-2. Ubicación de centro de carga y luminarias.	132
Figura 7-3. Tapa para tablero eléctrico.	132
Figura 7-4. Vista de tablero eléctrico.	133
Figura 7-5. Jaladera para cajoneras.	133
Figura 7-6. Elementos en que se divide la estructura de la mesa de trabajo.	134
Figura 7-7. Soporte de documentos.	135
Figura 7-8. Integración del mobiliario de trabajo al LEA.	135
Figura 7-9. Mesas de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica.	136

Gráficos

Gráfico 2-1. Molestia para algunos usuarios por el uso de la mesa de trabajo.	26
Gráfico 2-2. Molestia para algunos usuarios por el uso de la silla de trabajo.	27
Gráfico 2-3. Evaluación de la dimensión del área de trabajo.	27
Gráfico 2-4. Uso de las cajoneras de la mesa de trabajo.	28
Gráfico 2-5. Evaluación de la ubicación de las cajoneras.	28
Gráfico 2-6. Practicidad de la ubicación de la barra de contactos.	28
Gráfico 2-7. Practicidad de la ubicación del equipo de medición.	29
Gráfico 2-8. Practicidad de la ubicación de la fuente de voltaje.	29
Gráfico 2-9. Utilidad de la barra inferior en la mesa de trabajo.	30
Gráfico 2-10. Número de usuarios que comparten la mesa de trabajo.	30
Gráfico 2-11. Periodo de tiempo que trabajan regularmente los alumnos en el LEA.	30
Gráfico 2-12. Periodo máximo de trabajo en el laboratorio.	31
Gráfico 2-13. Evaluación de la funcionalidad del mobiliario.	31

Tablas

Tabla 1. Principales ventajas y desventajas del mobiliario del LEA.	10
Tabla 2-1. Influencia de los elementos de la categoría de funcionalidad en el diseño de la mesa de trabajo.	42
Tabla 2-2. Jerarquía de los elementos de la categoría de funcionalidad.	42
Tabla 3-1. Nivel de iluminación recomendado para actividades de trabajo.	46
Tabla 3-2. Valor aproximado de las temperaturas de color de diversas fuentes.	47
Tabla 3-3. Clasificación según el haz luminoso.	48
Tabla 3-4. Valores del rendimiento luminoso, potencia y duración en los diferentes tipos de luz.	49
Tabla 3-5. Factores de reflexión en colores más comunes.	52
Tabla 3-6. Rangos adecuados de factores de reflexión.	52
Tabla 3-7. Medidas antropométricas.	58
Tabla 3-8. Ejemplos de estaciones de trabajo de electrónica comerciales.	60
Tabla 3-9. Ejemplos de laboratorios de electrónica en instituciones.	61
Tabla 3-10. Sillas y bancos de trabajo que pueden cubrir las necesidades del LEA.	67
Tabla 3-11. Definición de las dimensiones adecuadas de la silla de trabajo.	70
Tabla 3-12. Dimensiones de las sillas de trabajo.	71
Tabla 3-13. Matriz de resultados para la evaluación de las medidas de las sillas.	71
Tabla 3-14. Matriz de resultados para las sillas de trabajo.	72
Tabla 4-1. Matriz de evaluación de las distribuciones propuestas.	78
Tabla 4-2. Cuadro morfológico: elementos de la mesa de trabajo.	80
Tabla 4-3. Evaluación de propuestas de diseño.	85
Tabla 4-4. Combinaciones de color posibles para la mesa de trabajo.	88
Tabla 4-5. Dimensiones del equipo utilizado en la mesa de trabajo.	93
Tabla 4-6. Dimensiones del equipo utilizado en estación de programación.	97
Tabla 5-1. Selección de materiales de la estructura.	101

Tabla 5-2. Selección de materiales de las cubiertas.	101
Tabla 5-3. Materiales elegidos para los diferentes elementos que constituyen el mobiliario.	102
Tabla 5-4. Propiedades mecánicas del acero AISI 1020.	104
Tabla 5-5. Resultados del análisis estructural para la mesa de trabajo.	105
Tabla 5-6. Resultados del análisis estructural para la estación de programación.	106
Tabla 5-7. Características de las tareas de ensamble y soldadura de circuitos.	108
Tabla 5-8. Soportes comerciales para actividades de soldadura y ensamble de circuitos.	109
Tabla 5-9. Ventajas y desventajas de soportes para actividades de soldadura y ensamble.	110
Tabla 5-10. Características de la luminaria U-BENT.	113
Tabla 5-11. Ventajas y desventajas de las opciones de luminarias analizadas.	115
Tabla 6-1. Verificación funcional del área de trabajo.	122
Tabla 6-2. Verificación funcional de la repisa.	123
Tabla 6-3. Verificación funcional del tablero eléctrico.	124
Tabla 6-4. Verificación funcional de la cajonera.	125
Tabla 6-5. Verificación funcional del soporte de tarjetas de pruebas y soporte de documentos.	125
Tabla 6-6. Verificación funcional de la silla.	126
Tabla 6-7. Aplicación del método RULA en el almacenaje de útiles escolares.	127
Tabla 6-8. Aplicación del método RULA en el uso de equipo de medición.	128
Tabla 6-9. Aplicación del método RULA en el uso de contactos.	128
Tabla 6-10. Aplicación del método RULA en el ensamble de circuitos.	129
Tabla 7-1. Lista de materiales: superficies para mesa de trabajo y mesa de programación.	136
Tabla 7-2. Lista de materiales: estructura de mesa de trabajo y mesa de programación.	137
Tabla 7-3. Lista de materiales: Tablero eléctrico para mesa de trabajo.	138
Tabla 7-4. Lista de materiales: soporte para documentos.	139

I. Introducción

Actualmente el avance de disciplinas como la ergonomía y la biomecánica permiten vislumbrar el verdadero impacto que el mobiliario, equipo y herramientas, así como características del entorno generan en el desempeño laboral de cada individuo. Es por ello importante retomar sus principios para analizar cada puesto de trabajo al momento de diseñarlo, con el objetivo de generar soluciones factibles que se vean reflejadas en el aumento de productividad y calidad de vida del trabajador.

Siguiendo esta pauta, el presente proyecto de tesis aborda la problemática laboral específica del Laboratorio de Electrónica Analógica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, con el propósito de generar una propuesta de diseño de mobiliario de trabajo que brinde resultados comprobables en la mejora de las condiciones laborales de los usuarios.

Para tal efecto, fueron empleadas metodologías de investigación, desarrollo y evaluación, correspondientes a las áreas de diseño industrial y ergonomía principalmente, las cuales permitieron un desarrollo organizado y secuencial del proceso de diseño requerido para el problema planteado, así como la verificación de las cualidades de la propuesta generada a través de la evaluación de un modelo funcional, realizada directamente con los usuarios en las instalaciones del laboratorio mencionado.

Los diseños obtenidos del mobiliario del trabajo brindan una solución factible desde la perspectiva funcional y ergonómica, sin dejar de lado la viabilidad de producción y costos, cumpliendo así con los objetivos planteados y por otra parte logrando características de calidad y durabilidad comparables con bancos de trabajo comerciales destinados a actividades de ensamble de circuitos electrónicos.

II. Antecedentes

Los Laboratorios Avanzados de Electrónica (LAE) de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM) tienen como objetivo proporcionar a los alumnos de las carreras de Ingeniería en Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica, los recursos hardware y software necesarios para el desarrollo de las prácticas correspondientes a las materias en el campo de la Electrónica.

Los LAE están conformados por los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Electrónica Analógica (LEA): consta de un espacio destinado al desarrollo de prácticas en el área de la electrónica básica, analógica y de potencia.
- Laboratorio de Comunicaciones Digitales (LabCD): basado en instrumentación electrónica programable; funciona tanto a nivel presencial como virtual para brindar sus servicios.
- Laboratorio de Control (LC): es un laboratorio que proporciona el acceso a sistemas de control y de electrónica de potencia.
- Laboratorio de Fibra Óptica (LFO): laboratorio orientado a las materias de sistemas de comunicaciones, principalmente vía fibra óptica y vía microondas.

Cabe resaltar que de los laboratorios mencionados, el LEA brinda servicio a los alumnos de primero, segundo y tercer semestre de las carreras señaladas, los cuales representan un 35% del total de alumnos de la carrera de Ingeniería en Electrónica.



Figura 1. Laboratorio de Electrónica Analógica (LEA).



Figura 2. Mobiliario de trabajo del LEA.

Es importante mencionar que el mobiliario del LEA se construyó en 1993 y desde entonces no ha sufrido modificación alguna, a pesar de las deficiencias que presenta. Las Figuras 1 y 2 muestran el espacio del laboratorio, en donde se puede observar la mesa y silla de trabajo respectivamente.

En el 2002 se desarrolló el LabCD. El diseño y construcción del mobiliario se hicieron con la finalidad de optimizar el espacio y brindar un servicio acorde a las necesidades de un laboratorio de electrónica.



Figura 3. Mobiliario del LabCD.

Sin embargo, a pesar de la notoria evolución respecto al diseño del mobiliario, aún quedan detalles que pueden mejorarse para adecuar en mayor medida cada elemento a las actividades realizadas por los usuarios y al espacio en general.

Finalmente, se encuentran las estaciones de trabajo del Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (LIDIS), dicho mobiliario se conforma por módulos orientados al trabajo con ordenadores (Figura 4).



Figura 4. Mobiliario del LIDIS.

III. Planteamiento del problema

Como se mencionó anteriormente, el LEA es un espacio de trabajo en continuo uso por alumnos de la UTM, por lo tanto, mantener dichos laboratorios en condiciones adecuadas cobra vital importancia, pues de ello depende en gran parte el buen desarrollo de las actividades académicas a las que se destinan.

Actualmente, el mobiliario del LEA resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de los alumnos debido a que su diseño tiene diferentes carencias que se reflejan principalmente en el cansancio físico que sufre el usuario al realizar sus actividades, incluso por un lapso relativamente corto de tiempo; aunado a lo anterior, la forma y disposición del mobiliario limita las actividades que podrían desarrollarse dentro del laboratorio, disminuyendo de este modo el nivel de funcionalidad con que los alumnos realizan su trabajo.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Buena resistencia al desgaste por esfuerzo.• Capacidad suficiente para el equipo utilizado.• Mantenimiento relativamente sencillo.	<ul style="list-style-type: none">• Dificultad para mover el mobiliario debido a su peso excesivo.• Poca resistencia al desgaste por uso continuo.• El diseño de la mesa de trabajo no permite una buena distribución del equipo utilizado.• No permite el trabajo en equipo debido a la disposición de los módulos y la estructura de la mesa.• Todo el mobiliario en general obliga al usuario a tomar posiciones de trabajo incómodas, lo que genera gran desgaste físico.• Tiene ciertos elementos estructurales peligrosos para el usuario, como esquinas terminadas en punta y el cajón que sobresale del resto de la mesa, que provocan golpes y por tanto distraen al usuario de su actividad de trabajo.• Aspecto poco estético.

Tabla 1. Principales ventajas y desventajas del mobiliario del LEA.

Considerando la Tabla 1, se concluye que el mobiliario del LEA lejos de facilitar el desempeño académico lo obstaculiza. De esta forma, se hace evidente la necesidad de generar una propuesta de diseño del mobiliario del LEA con la finalidad de mejorar las condiciones de trabajo mediante la consideración de los aspectos funcionales de un laboratorio de electrónica.

IV. Justificación

La ergonomía es el estudio de la relación entre el lugar de trabajo, el trabajador y las actividades que se derivan de su puesto de trabajo, lo anterior con el objetivo de obtener información que permita al diseñador generar espacios de trabajo que cubran las necesidades del usuario, logrando con ello una mayor eficiencia en el desempeño del trabajador y además, un aumento en la calidad de vida de éste.

En la actualidad, la aplicación de la ergonomía se ha generalizado a todos los campos del diseño, es decir, que los aspectos ergonómicos se incluyen como características fundamentales de cada producto y espacio a desarrollar. Así, es posible identificar la importancia de esta disciplina que da la pauta para generar espacios y objetos que mejoran su funcionalidad debido a que se adecuan en mejor manera a las características físicas, motrices e intelectuales del usuario, generando con ello un aumento en su calidad de vida.

De este modo, la idea de diseñar un nuevo mobiliario para el LEA, se respalda en el hecho de hacer extensivos los beneficios de la aplicación de la ergonomía a cada espacio de trabajo donde los seres humanos se desenvuelven día a día.

La importancia del presente trabajo de tesis, radica en generar una propuesta de diseño que cubra en lo posible las necesidades de los usuarios del LEA, al proporcionarles un área de trabajo funcional respecto a sus actividades académicas.

V. Objetivos

Objetivo general

Generar una propuesta de diseño para el mobiliario de trabajo, acorde a las actividades académicas y de investigación llevadas a cabo en el LEA.

Objetivos particulares

- Identificar inconvenientes del mobiliario y distribución actual.
- Considerar aspectos funcionales y ergonómicos en el diseño del mobiliario de trabajo.
- Brindar una solución práctica y sencilla, cuya producción sea factible en las instalaciones de los talleres de diseño de la UTM.

VI. Metodología de desarrollo

Para cumplir con los objetivos establecidos, se ha tomado como base la metodología proyectual propuesta por Bruno Munari¹ (Figura 5).



Figura 5. Metodología de desarrollo propuesta por Bruno Munari.

Sin embargo, considerando el tipo de proyecto a desarrollar, se han determinado ciertas modificaciones y complementos para lograr que dicha metodología se ajuste al tipo de problema que se plantea, de este modo se combinará con nuevas técnicas de desarrollo que se aplican actualmente a nivel empresarial en el desarrollo de producto, como es el caso del QFD (Quality Function Deployment), y otras herramientas que faciliten las actividades a desarrollar en cada paso de la metodología.

El QFD es “un sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar una respuesta a las necesidades de los clientes. Esto significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce. QFD permite a una organización entender la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en búsqueda de maximizar la oferta de valor”². La Figura 6 muestra las etapas propuestas por el QFD.

¹Munari, Bruno: **¿Cómo nacen los objetos?, apuntes para una metodología proyectual**. GG Diseño, México 1993.

²Asociación Latinoamericana de QFD. <http://www.qfdlat.com>

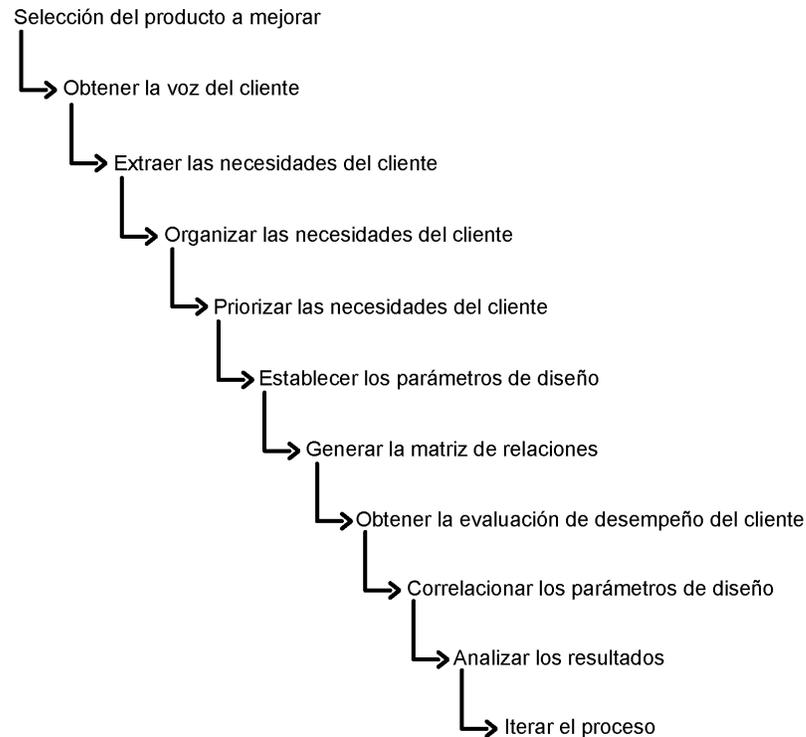


Figura 6. Etapas que integran el QFD.

La metodología de desarrollo propuesta para realizar el presente proyecto, y que surge de la complementación de las dos metodologías mostradas anteriormente, se describe brevemente a continuación:

1. Definición del problema: se plantea el problema a detalle, delimitando el alcance del proyecto.
2. Necesidades del usuario: realización de encuestas y entrevistas a los usuarios, observación de la realización de las actividades relacionadas con el problema.
3. Extraer, organizar y priorizar los requerimientos del producto: a partir de las necesidades del usuario, plantear los requerimientos del producto, organizarlos por categorías y finalmente ordenarlos de acuerdo a su importancia.
4. Establecer los parámetros de diseño: determinar los parámetros de diseño necesarios para dar respuesta a las necesidades del usuario.
5. Diagrama de causa - efecto: tiene el objetivo de esquematizar de manera integral todos aquellos elementos que están directa e indirectamente relacionados con el mobiliario.
6. Recopilación de datos: se realiza un compendio de toda la información posible que se relacione con el problema, incluyendo conocimientos teóricos, estudio de mercado de productos ya existentes, etc.
7. Análisis de datos: se procesa la información recopilada con el fin de retomar los datos más significativos respecto al desarrollo del producto.
8. Creatividad: con base a toda la información procesada, se generan propuestas que sean posibles soluciones al problema.

9. Materiales y procesos: recopilación de datos, evaluación y elección de materiales y procesos que permitan el desarrollo de la solución final.
10. Modelos: elaboración de modelo funcional a escala real de un módulo de trabajo.
11. Verificación: evaluación de la factibilidad de la solución, con la posibilidad de identificar defectos y corregirlos.
12. Solución: se muestra a detalle la solución final.
13. Dibujos constructivos: elaboración de bocetos finales y dibujos constructivos.

Es importante recalcar que el hecho de eliminar, intercambiar o modificar algunas etapas de las dos metodologías retomadas responde al ajuste al tipo de proyecto a desarrollar, considerando que el objetivo de una metodología es permitir un desarrollo ordenado y sistemático que consiga obtener resultados más acertados que cuando se proyecta de forma arbitraria, es decir, la metodología planteada es flexible y no requiere emplearse de manera estricta.

Capítulo 1: Marco teórico

1.1 Ergonomía

El estudio de la ergonomía se remonta a finales de 1890 en París, sin embargo, fue hasta 1949 en Inglaterra cuando K.F.H Murrel, creó el término “ergonomía”, acuñado de las raíces griegas ergon, trabajo y nomos, ley. Con esta denominación se agruparon conocimientos médicos, psicológicos, técnicos, fisiológicos, industriales y militares, tendientes al estudio del hombre en su ambiente laboral³.

En aquella época, K.F.H Murrel la definió como “El estudio científico de las relaciones del hombre y su medio de trabajo”. Actualmente, la Asociación Internacional de Ergonomía la define como una disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otro elemento del sistema; y como la profesión que aplica principios teóricos, datos y métodos al diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema⁴.

Para facilitar su estudio y aplicación, la ergonomía se ha clasificado en diferentes áreas; las dos clasificaciones más empleadas son las siguientes⁵:

Puesto-Sistema:

- Ergonomía de puesto: estudia específicamente un solo puesto de trabajo, en donde se desempeña un individuo que no forma parte de un sistema de trabajo.
- Ergonomía de sistemas: analiza un conjunto de subsistemas hombre – máquina, es decir, un conjunto de puestos individuales de trabajo, tomando en cuenta las interacciones que se generan entre estos y considerando simultáneamente a los puestos individuales de trabajo y los equipos que integran dicho sistema.

Físico-Cognitivo:

- Ergonomía física: se concentra en los aspectos físicos del trabajo y capacidades humanas tales como fuerza, postura y repeticiones. En esta área se involucran principalmente los especialistas en las áreas de anatomía, antropometría, características fisiológicas y biomecánicas aplicadas a la

³ Osborne, David: **Ergonomía en acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre.**, México 2001.

⁴ **International Ergonomics Association.** <http://www.iea.cc/ergonomics/>

⁵ Osborne, David. Op. cit.

Capítulo 1

actividad física del humano, así como el análisis de los factores ambientales y su influencia sobre el desempeño de los humanos.

- Ergonomía cognitiva: se orienta a aspectos psicológicos del trabajo, con los procesos mentales tales como la percepción, la memoria, el razonamiento y las respuestas motoras, ya que tienen una importante participación en la interacción que se presenta entre los seres humanos y los sistemas con que interactúan.

Las clasificaciones anteriores, si bien segmentan las áreas de estudio de la ergonomía para agilizar su análisis, ambas se enfocan al estudio del puesto de trabajo.

El puesto de trabajo puede ser definido como la interacción de tres elementos⁶:

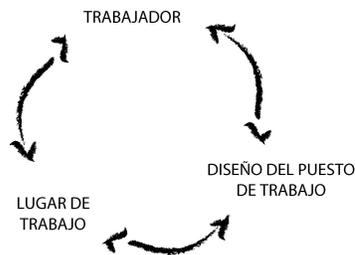


Figura 1-1. Puesto de trabajo.

- Trabajador: considera características tales como estatura, anchuras, fuerza, rangos de movimiento, intelecto, educación, expectativas y otras características físicas y mentales.
- Diseño del puesto de trabajo: engloba las herramientas, mobiliario, paneles de indicadores y controles y otros objetos de trabajo, así como las funciones que desempeña.
- Lugar de trabajo: comprende la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones y otras cualidades atmosféricas.

En un principio, la ergonomía se planteó como el estudio exclusivo de la interacción hombre-máquina, buscando básicamente un mayor rendimiento en el desempeño de los trabajadores, por lo tanto la ergonomía tenía el objetivo de mejorar el trabajo, es decir, se centraba en el estudio de las máquinas y herramientas, y la forma en que el obrero las empleaba, corrigiendo errores de posturas, interpretación de instrucciones, procesos seguidos en el trabajo manual y trabajo físico pesado principalmente⁷.

Con el paso del tiempo este enfoque no se ha desplazado, pero sí se ha complementado al agregar el estudio de otros aspectos que fueron considerados secundarios. De este modo, esta ciencia amplió sus alcances, abarcando las distintas condiciones laborales que influyen en la comodidad y la salud del trabajador, considerando desde factores como la iluminación, el ruido, la temperatura, las vibraciones, el diseño del lugar de trabajo, herramientas, máquinas, asientos; hasta factores como el tipo de calzado, ropa de trabajo, accesorios de protección industrial y aún más allá incluyendo elementos como el trabajo en turnos, las pausas y los horarios de comida e incluso aspectos psicológicos para mejorar la comprensión de códigos, señalizaciones e interfaces⁸.

⁶ Montmollin, Maurice de: **Introducción a la ergonomía: Los sistemas hombres-máquinas**. LIMUSA, México 1997.

⁷ *Ibíd.*

⁸ **Organización Internacional del Trabajo**. <http://training.itcilo.it>

1.2 Antropometría

La antropometría es una de las áreas que conforman la ergonomía, se refiere al estudio de las proporciones y medidas, formas, fuerza y capacidad de trabajo de las diferentes partes del cuerpo humano. El papel que juega la antropometría dentro de la ergonomía es de vital importancia, ya que los datos que recopila dicha disciplina, pueden emplearse en el diseño de todo tipo de espacio y objeto que es empleado por un ser humano⁹.

La antropometría basa su estudio en la recopilación de datos a partir de una población usuaria bien definida, lo cual se consigue al clasificar un grupo de usuarios considerando su sexo, edad y lugar de nacimiento por ejemplo. Cuando se utilizan datos antropométricos es muy importante conocer su procedencia y la composición de la muestra de la población de la que se obtuvieron, ya que existen factores de variabilidad que deben considerarse en la estrategia de muestreo y pueden reflejar un resultado sesgado o no representativo de la población estudiada.

Así, la aplicación de la antropometría consiste en basar el criterio de diseño en la integración de aspectos físicos humanos de la población a la que se desea adecuar el elemento a proyectar.

Una variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida, para ello, se emplean herramientas estadísticas que permitan un mejor análisis de la información recopilada. La herramienta más empleada en este sentido son los percentiles, pues a partir de ellos se delimitan rangos cuantitativos dentro de la muestra que permiten elegir el punto de referencia sobre el cual los valores quedan fuera del "alcance" del diseño, ya sea por exceso o por defecto.

Los percentiles se clasifican en¹⁰:

- Percentiles mínimos: generalmente se consideran los percentiles 90, 95 y 99 y dentro de estos, quedan incluidos por ejemplo, las estaturas de los individuos más altos de la muestra.
- Percentiles máximos: generalmente se consideran los percentiles 1, 5 y 10 y dentro de estos, queda incluido por ejemplo, el diámetro de la cabeza de aquellos individuos que tienen la cabeza más pequeña dentro de la muestra.

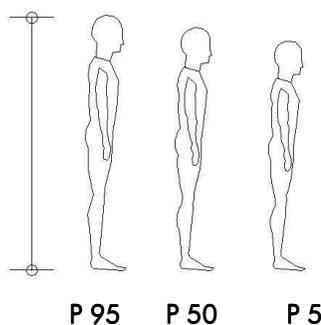


Figura 1-2. Percentiles 95, 50 y 5 en estatura de individuos.

⁹ Sociedad de Ergonomistas de México A.C. <http://www.semec.org.mx/v3/ergonomia/ergon0.php>

¹⁰ De Pedro, Gómez, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 4: El trabajo en oficinas**. Alfaomega, México 2002.

Capítulo 1

A partir del estudio de los percentiles, se generan tres criterios básicos de diseño para la antropometría:

- Diseño para individuos extremos: existen determinadas características del diseño que requieren adaptarse a los individuos que se encuentren en uno u otro extremo de la dimensión antropométrica considerada. Para decidir si diseñar para un percentil mínimo o uno máximo, se deben considerar aspectos como por ejemplo ¿quiénes tendrían dificultad para pasar por debajo del marco de la puerta? En este ejemplo, se puede concluir que los individuos más altos tendrían dificultades para pasar debajo de una puerta con una altura menor a la de ellos, por tanto la puerta se diseñaría tomando los percentiles mínimos. Proyectar bajo este criterio, se hace solo cuando el valor extremo no es tan distinto como para poner en crisis el diseño o provocar incomodidades en los trabajadores restantes que no están comprendidos en el percentil extremo elegido.

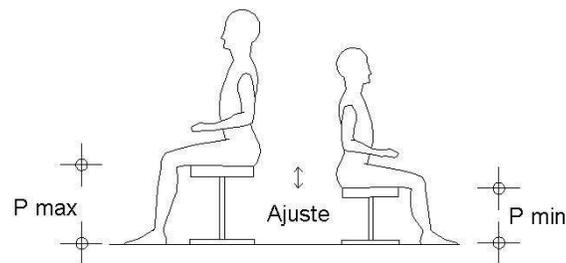


Figura 1-3. Determinación del rango de altura ajustable empleando percentiles extremos.

- Diseño para promedios adaptables: se recurre al diseño de elementos ajustables en función de las dimensiones del usuario cuando se trata de un elemento de especial importancia para el diseño, o bien cuando resulta imposible acomodar razonablemente a toda la población con una dimensión fija. El ideal sería que el diseño fuera capaz de adaptarse a todos los percentiles, sin embargo, como en la mayoría de los casos, esto resulta imposible, se diseña para promedios adaptables o para la media cuando esto es mejor que hacerlo para individuos extremos.
- Diseño para el individuo promedio: La “persona promedio” no existe, por lo que a la hora de aplicar datos antropométricos se debe estudiar dimensión por dimensión, y ajustar los valores óptimos de diseño incluyendo sus dispersiones. Sin embargo, existen situaciones en las que se decide diseñar para la media debido a que la dimensión tiene poca importancia o su frecuencia de uso es baja y por otra parte, si la solución de diseño fuera específica o adaptable a cada individuo, sería costosa o técnicamente compleja.

En general los datos antropométricos son de dos clases:

- La antropometría estática concierne a las medidas efectuadas sobre dimensiones del cuerpo en una determinada postura en ausencia de movimiento y
- la antropometría dinámica que considera los rangos de movimiento de las partes del cuerpo, alcances, medidas de trayectorias, etc.

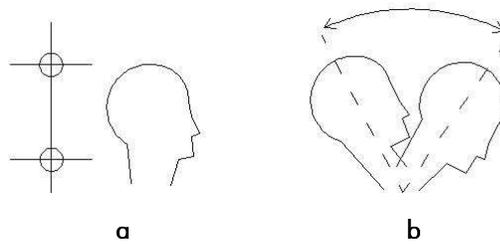


Figura 1-4. Ejemplo de antropometría estática: altura de cabeza (a) y dinámica: inclinación de cabeza (b).

Así, para determinar qué clase de datos y en específico que datos se requieren en el proyecto de diseño, es necesario llevar a cabo ciertas consideraciones de la tarea¹¹:

1. La naturaleza, frecuencia y dificultad de la tarea a desarrollar.
2. La posición del cuerpo durante la actividad y las operaciones de mantenimiento.
3. Las demandas de movilidad y flexibilidad durante la actividad.
4. Incrementos en el diseño debido a requerimientos de vestuario, equipo y herramientas.
5. Incrementos en el diseño e individualización para personas con necesidades especiales.

1.3 Biomecánica

La biomecánica es la disciplina que combina el estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la mecánica clásica y la biología; su objetivo es el estudio del cuerpo humano con el fin de diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizarlas sin riesgo de sufrir daños o lesiones¹².

Conocer y entender los límites físicos del cuerpo humano tiene una aplicación de gran utilidad práctica para la ergonomía, pues sirve como guía en el diseño y la evaluación de tareas y actividades, en el diseño de estaciones de trabajo, mobiliario, herramientas y utensilios, así como el descanso requerido, de acuerdo al tiempo y tipo de actividad que se realiza. Crear bajo estos parámetros significa pues, centrar el diseño en el usuario.

Actualmente, en el área de la biomecánica se ha intensificado la investigación y participación en situaciones como la búsqueda de límites de peso y repetición durante el movimiento manual de cargas, las lesiones biomecánicas, y los microtraumatismos repetitivos (MTR), siendo este último quizá el caso más frecuente en oficinas e industrias. Los MTR son pequeñas lesiones que se producen al realizar tareas que demandan movimientos repetitivos, mismos que van causando pequeñas lesiones prácticamente imperceptibles para el operador, pero que finalmente se manifiestan después de un período de tiempo que varía desde algunos meses hasta varios años. Ejemplos claros de estas lesiones son el dolor crónico en espalda baja y el síndrome del túnel del carpo (lesión en la muñeca)¹³.

Los factores de riesgo para que se desarrollen MTR, dependen de la actividad y la intensidad con que se desarrolla, en general se relacionan con:

¹¹ De Pedro. Op.cit.

¹² **Sociedad de Ergonomistas de México A.C.** <http://www.semec.org.mx/v3/ergonomia/ergon0.php>

¹³ **Ergoprojects.** <http://www.ergoprojects.com>

Capítulo 1

- Alto número de repeticiones
- Mantener posturas inapropiadas o sin cambios por largos períodos de tiempo
- Realizar esfuerzos excesivos
- Esfuerzos por contacto
- Estrés psicosocial

Para evitar el desarrollo de este tipo de lesiones es importante mantener una alternancia de actividades con periodos de descanso, estas medidas permiten una recuperación tanto fisiológica como mental requerida al realizar actividades con un alto número de repeticiones durante períodos prolongados.

De la misma forma, el tiempo insuficiente de recuperación y mantener posiciones no naturales de cualquier articulación del cuerpo, son factores que contribuyen al desarrollo de fatiga muscular, reduciendo la eficiencia de quien realiza la actividad. Este tipo de problema generalmente se percibe al momento en que el usuario desarrolla su tarea, sin embargo hay ocasiones en que las lesiones se resienten hasta un tiempo después de realizados los esfuerzos, este es el caso de usos excesivos o repentinos de fuerza en posiciones físicas forzadas, así como los esfuerzos por contacto provocados por la presión continua de una superficie dura o una esquina contra los tejidos blandos de alguna extremidad que provoca el decremento del flujo de sangre y compresión de nervios.

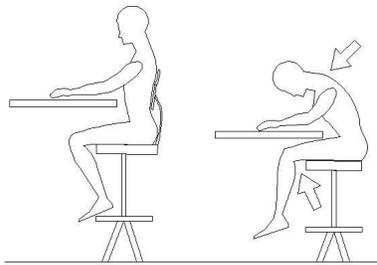


Figura 1-5. Ejemplo de posturas físicas correcta e incorrecta respectivamente.

Una consideración importante para evitar estos problemas es realizar las actividades de forma confortable y segura, con el cuerpo en una posición estable, con una apropiada relación entre las partes del cuerpo y el soporte provisto por los pies, el asiento, y cualquier otra superficie que soporte el peso del cuerpo y miembros en el espacio de trabajo¹⁴.

1.3.1 Puesto de trabajo

El espacio de trabajo se define según la norma ISO 6385 como "el volumen asignado a una o varias personas, así como los medios de trabajo que actúan conjuntamente con él (o ellos) en el sistema de trabajo para cumplir la tarea"¹⁵.

Por otra parte, cuando se habla de que un trabajador desarrolla una tarea específica en un lugar determinado dentro del espacio de trabajo, durante un periodo relativamente largo, surge el concepto de puesto de trabajo, el cual se definió anteriormente como la interacción trabajador - diseño del puesto de trabajo - lugar de trabajo.

¹⁴ Sociedad de Ergonomistas de México. Op.cit.

¹⁵ Ergoprojects. Op.cit.

Se dice que un puesto de trabajo tiene un diseño adecuado cuando se garantiza la asignación correcta de espacio y la disposición armónica de los medios de trabajo de forma que la persona no tenga que esforzarse con movimientos inútiles o desproporcionados, para lo cual se deben tener en cuenta tres aspectos básicos¹⁶:

Posturas: La localización y disposición de las extremidades en el cuerpo humano generan ya de por sí una carga que produce esfuerzo corporal mientras se realizan tareas físicas, dicha situación puede ser autorregulada por el organismo de manera natural ya que posee la capacidad de absorber estos esfuerzos y mantener el equilibrio del cuerpo. Sin embargo, cuando el esfuerzo físico aumenta por que la situación de equilibrio estable del cuerpo se pierde ya sea por la realización de la tarea en sí o por que el mobiliario y equipo de trabajo son inapropiados, el organismo es incapaz de autorregularse y entonces se generan lesiones y cansancio. La propia exigencia de la tarea establecerá el grado de carga postural, desafortunadamente existen algunos trabajos que imponen una posición fija por periodos prolongados de tiempo.

Movimientos

Cuando la geometría y disposición de los elementos a utilizar no son adecuadas, los movimientos pueden forzar angulaciones articulares por encima de los límites de confortabilidad. Los trabajos en serie o en líneas de producción generan muchos movimientos iguales, y esta repetitividad es causa de lesiones físicas e incluso va más allá con la creación del sentimiento de tedio, que no favorecen a los niveles de bienestar emocional y psicológico, elementos necesarios para alcanzar un “trabajo biomecánico tolerable”.

Visibilidad

Para evitar lesiones en cuello y en espalda, así como prevenir accidentes por distracciones, es importante que el trabajador tenga control visual del conjunto de objetos que requiere para desempeñar sus actividades desde su puesto de trabajo, manteniendo una postura en donde la posición de su cabeza durante la mayor parte del cuerpo no sea nociva.

En el diseño de un puesto de trabajo correcto desde el punto de vista biomecánico se deben considerar, por lo menos tres aspectos importantes:

Altura del plano de trabajo

Se denomina altura del plano de trabajo, a la altura a la que se realiza la actividad. Uno de los aspectos más importantes a considerar en el diseño de puestos de trabajo, tanto en operaciones que se realicen sentado o de pie es la determinación de la altura adecuada del plano de trabajo con respecto a las dimensiones antropométricas del operador, lo anterior debido a que si el plano de trabajo es demasiado alto, el usuario realizará un esfuerzo excesivo en espalda alta, hombros y cuello al tratar de compensar su altura con la del plano. Si por el contrario, la altura de trabajo es baja el usuario inclinará en exceso la espalda y el cuello generando posturas incómodas; ambas situaciones finalmente resultarán en fatiga, dolores en los músculos de la espalda y la posibilidad de desarrollo de lesiones acumulativas.

Otro aspecto importante a considerar en el diseño de los planos de trabajo son los requisitos propios de la tarea a realizar; en una tarea que requiere gran precisión manual el plano de trabajo debe elevarse para acercar los objetos manipulados a los ojos y mantener apoyados los brazos de

¹⁶ Sociedad de Ergonomistas de México. Op.cit.

Capítulo 1

modo que los movimientos de las manos sean delicados y precisos, por el contrario en casos en que se requiere aplicar mayor fuerza, el plano debe ir a una altura menor puesto que entre más alto sea el plano es más difícil ejercer fuerza con los brazos y mantener un punto de apoyo equilibrado. En cualquier caso, la elección de la altura de trabajo debe buscar:

- Que el usuario mantenga los codos bajos y la muñeca recta
- Que los momentos estáticos en la columna sean mínimos
- Que sea adecuado para todos los usuarios, considerando diferencias antropométricas
- Que se eviten los movimientos de la cabeza

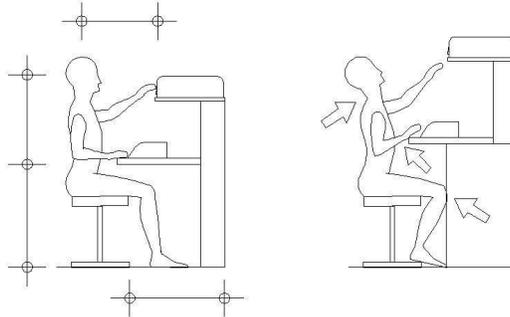


Figura 1-6. Aspectos biomecánicos en el diseño de puestos de trabajo (disposición correcta e incorrecta).

Espacio adecuado para las piernas

Sin importar la posición de trabajo del usuario, el puesto de trabajo debe permitir que el operador coloque las piernas cómodamente, para evitar la concentración de tensiones en alguna parte del cuerpo. No deben existir obstáculos que le obliguen a realizar giros o inclinación de la columna para alcanzar los objetos con los que realiza su trabajo y además, la altura de la superficie de trabajo debe elegirse de tal forma que el usuario tenga el espacio suficiente que le permita colocar sus piernas adecuadamente. Finalmente, lo óptimo sería que el usuario tuviera el espacio suficiente para cambiar la posición de sus piernas cuando por periodos largos de trabajo requiere tomar una postura más relajada, ejemplo de ello son las diferentes posiciones de las piernas mientras se trabaja sentado o cuando existe un apoyo frontal para los pies mientras se trabaja parado.

Zonas de alcance óptimas del área de trabajo

Al basar el diseño del puesto de trabajo en dimensiones antropométricas de los usuarios es posible seleccionar una mejor disposición de los elementos con que se interactúa en el área de trabajo, con esto se evita que el usuario realice movimientos de tronco y giros de espalda forzados, además de la concentración de tensiones por mantener posturas inadecuadas de los miembros del cuerpo o por tener que realizar repeticiones de movimientos que excedan los alcances del usuario, evitando la fatiga de los músculos antagonistas. Es necesario recordar también, que cuando la tarea realizada requiere especial concentración, al no tener todo lo necesario al alcance del trabajador se obstaculiza el desempeño pleno.

Capítulo 2: Especificaciones de diseño

2.1 Definición del problema

El mobiliario de trabajo con el que cuenta actualmente el Laboratorio de Electrónica Analógica, se conforma básicamente por dos elementos, una mesa de trabajo y una silla. Tales elementos permiten que los usuarios desempeñen sus actividades académicas y de investigación propias de dichos laboratorios, sin embargo a pesar de ser elementos útiles, presentan defectos que limitan el desempeño de los usuarios. De este modo, el objetivo planteado es proponer un diseño del mobiliario de trabajo en concordancia con las actividades que realizan los usuarios dentro del laboratorio, considerando como antecedente el mobiliario existente para identificar los requerimientos de diseño.

Para definir el alcance del proyecto se han establecido dos variables independientes:

- Funcionalidad: hace referencia a la cualidad que poseen ciertos elementos de adecuarse a un uso determinado, en otras palabras, se refiere a cómo trabajan los elementos, al índice de respuesta de los diseños finales a propósitos prácticos y a la manera en que proporcionan alcances o aptitudes¹⁷.
- Ergonomía: estudio sistemático de las características de los usuarios y su relación con los productos, sistemas y entornos¹⁸.

De este modo, el alcance del proyecto de tesis se limita a evaluar las variables establecidas en el diseño final. La evaluación se llevará a cabo directamente con los usuarios mediante un modelo funcional a escala real, observando principalmente aspectos como movimientos, posturas, visibilidad, espacio de trabajo y zonas de alcance óptimo, ya que el análisis de dichos aspectos mostrará el grado de funcionalidad y de ergonomía que tendrá la propuesta de mobiliario de trabajo.

¹⁷ Heskett, John: **Toothpicks & logos. Design in Everyday life.** Oxford University Press, Great Britain 2003.

¹⁸ Fiell, Charlotte y Fiell, Meter: **El diseño industrial de la A a la Z.** TASCHEN, 2001.

2.2 Necesidades del usuario

La fase de obtención de la voz del cliente, en este caso denominado necesidades del usuario, se define como las expectativas, problemas y deseos que manifiesta el usuario final de determinado producto o servicio¹⁹.

En el problema planteado, la voz del cliente considera como producto al mobiliario de trabajo del LEA. Con la finalidad de obtener las necesidades de los usuarios, se llevó a cabo un análisis de tareas, metodología utilizada en ergonomía para describir las actividades del usuario, conociendo de este modo las demandas que implican²⁰.

El análisis de tareas comprende seis etapas, ajustando cada una al tipo de problema a analizar, dichas etapas se describen a continuación:

1. Identificación de riesgos: revisión de registros y datos de usuarios asociados con actividades de alta incidencia de accidentes, revisión del proceso, del puesto de trabajo y de las actividades relacionadas con la tarea analizada.
2. Preparación del estudio de campo: selección del equipo necesario para analizar la tarea.
3. Conducción del estudio de campo: se lleva a cabo la observación, entrevistas a usuarios y la medición de los factores planeados anteriormente.
4. Interpretación de los resultados: se analizan los datos recabados en base a aspectos como:
 - Fuerza requerida,
 - Posturas asumidas,
 - Frecuencia y repetición,
 - Duración y períodos de recuperación,
 - Exposición a factores ambientales.
5. Propuesta y desarrollo de soluciones: se sugiere la forma de eliminar, reducir o controlar los riesgos en potencia identificados en la tarea analizada.
6. Implementación y seguimiento de los cambios en la tarea analizada: se evalúan las soluciones implementadas para asegurarse que en realidad reducen efectivamente los riesgos identificados sin imponer otras demandas al trabajador.

A continuación se describe el desarrollo de las primeras cuatro etapas en el análisis de las actividades de los usuarios, ya que las etapas 5 y 6 se llevarán a cabo más adelante de manera implícita en el seguimiento de la metodología de desarrollo.

2.2.1 Identificación de riesgos

El puesto de trabajo en el LEA consiste en la ejecución de las siguientes actividades:

- Realización de prácticas de electrónica analógica.
- Ensamble de los elementos electrónicos que conforman la práctica.
- Soldadura de circuitos.
- Medición de las variables eléctricas correspondientes con ayuda de instrumentos electrónicos.

¹⁹ Asociación Latinoamericana de QFD. Op.cit.

²⁰ Ergoprojects. Op.cit.

- Programación de circuitos electrónicos.
- Asistencia a clases teóricas.

Dichas actividades se llevan a cabo con el empleo del siguiente mobiliario y equipo:

- Mesa y silla de trabajo.
- Osciloscopio digital.
- Generador de funciones.
- Fuente de suministro de energía.
- Multímetro portátil.
- Estación de soldadura electrónica.
- Barra multicontactos.
- Cables de alimentación.
- Cables de interconexión de circuitos.
- Circuitos electrónicos basados en una tarjeta de pruebas (protoboard).
- Componentes electrónicos (resistencias, capacitores, transistores, leds, etc.).
- Herramientas manuales pequeñas (pinzas de corte y pinzas de punta, principalmente).
- Computadora de escritorio.
- Un programador de circuitos y un borrador de memorias EPROM.
- Material didáctico de cada alumno.



Figura 2-1. Equipo, herramientas y componentes empleados en el LEA.

En el caso del Laboratorio de Electrónica Analógica, no existe un registro de accidentes, ya que las actividades desarrolladas no tienen un grado de riesgo laboral considerable y en general los accidentes se reducen a fallas en el equipo empleado por uso incorrecto y a pequeñas quemaduras de primer grado por descuido mientras se trabaja con la estación de soldadura, lo cual no está directamente relacionado con el mobiliario y finalmente lo que podría ser considerado como riesgo, se refiere a lesiones físicas provocadas por las condiciones del mobiliario, siendo principalmente:

- Fatiga muscular
- Dolor en espalda baja, alta y cuello

Capítulo 2

- Lesiones en espalda debido a posturas incómodas por periodos largos de tiempo
- Cansancio en piernas
- Decremento del flujo de sangre y compresión de nervios en tejidos blandos por esfuerzos por contacto con una superficie dura o esquina del mobiliario.

2.2.2 Conducción del estudio de campo

Debido al tipo de tarea a analizar, el equipo que se consideró necesario consistió en cámara fotográfica, de video y flexómetro.

La observación se llevó a cabo durante el lapso de dos horas, mientras los usuarios realizaban sus actividades. Durante este periodo de tiempo, se tomaron fotografías y anotaciones referentes básicamente al tipo de actividades desempeñadas, posturas físicas adoptadas por los usuarios y ventajas y desventajas del mobiliario empleado. Por otra parte, se tomaron medidas de la mesa y silla de trabajo, para facilitar el análisis que se llevará a cabo más adelante.

Como último recurso en esta etapa, se aplicaron encuestas a los usuarios. Las preguntas que conforman las encuestas se formularon con base a los datos obtenidos al observar las actividades del usuario, es decir, se consideraron puntos relacionados con aspectos relevantes al momento de la observación y que se consideró necesario obtener información más precisa directamente del usuario.

La encuesta se realizó con una muestra de 30 alumnos, lo cual equivale a un 16% de la población total de los estudiantes que actualmente cursan la carrera de Ingeniería en Electrónica en la UTM.

Es importante mencionar que al momento de elegir la muestra, se consideró sólo analizar a los alumnos de Ingeniería en Electrónica, debido a que éstos son quienes han utilizado los laboratorios por más tiempo a diferencia de los alumnos de otras carreras. Asimismo, las encuestas fueron aplicadas en su mayoría a alumnos de semestres avanzados (quinto, séptimo y noveno), ya que a pesar de que actualmente algunos de estos alumnos ya no hacen uso de dichas instalaciones, son quienes han pasado mayor tiempo trabajando en el LEA y por tanto, se consideró que sus contribuciones serían más valiosas. Aunado a lo anterior, la validez de la muestra se justifica en el hecho de que las características del mobiliario y las actividades realizadas en el LEA han permanecido sin cambio alguno desde hace más de 10 años.

El formato de la encuesta realizada se encuentra en el Anexo A. A continuación se muestran los resultados de las preguntas formuladas con su respectivo análisis.

Pregunta No.1: ¿La mesa te resulta incómoda mientras trabajas?

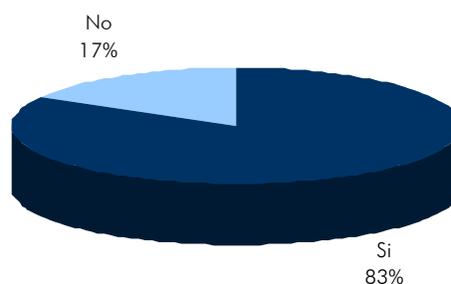


Gráfico 2-1. Molestia para algunos usuarios por el uso de la mesa de trabajo.

Analizando las respuestas de los usuarios, se concluye que la mesa resulta incómoda debido a que:

- El usuario requiere inclinarse para trabajar, manteniendo una postura forzada.

- Mala iluminación.
- La mesa tiene terminaciones agudas y superficies salientes que provocan lesiones.
- El espacio no se aprovecha del todo debido a la ubicación de las fuentes de alimentación.
- Cuando el trabajo incluye a más de una persona, resulta muy incómodo para los usuarios.

Pregunta No.2: ¿La silla te resulta incómoda mientras trabajas?

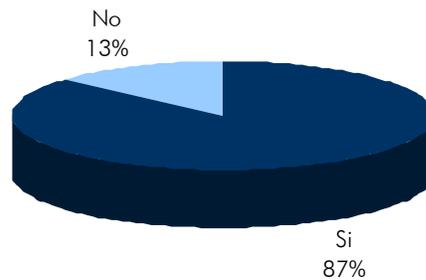


Gráfico 2-2. Molestia para algunos usuarios por el uso de la silla de trabajo.

De acuerdo a la encuesta, se concluye que la silla resulta incómoda debido a:

- El material de construcción es rígido y no cuenta con acojinamiento.
- Debido al desgaste, las sillas se encuentran en malas condiciones, están desniveladas y con inclinaciones en diferentes direcciones, lo que provoca una mala postura y en consecuencia, dolor de espalda y cansancio principalmente.

Pregunta No.3: La dimensión del área de trabajo en la mesa, es:

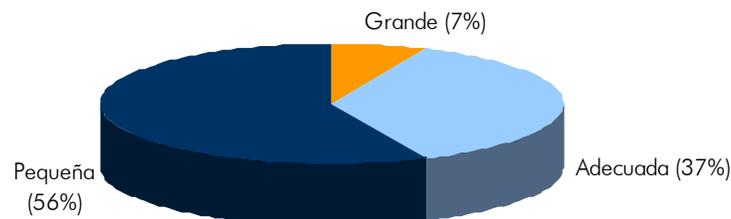


Gráfico 2-3. Evaluación de la dimensión del área de trabajo.

A pesar de que la mesa cuenta con dimensiones amplias, debido a la mala distribución de sus elementos (cajoneras y extensión lateral a modo de paleta) el usuario no puede disponer cómodamente del espacio, por tanto, los alumnos refirieron que el área resulta pequeña.

Capítulo 2

Pregunta No.4: ¿Utilizas las cajoneras ubicadas en la parte inferior de la mesa?

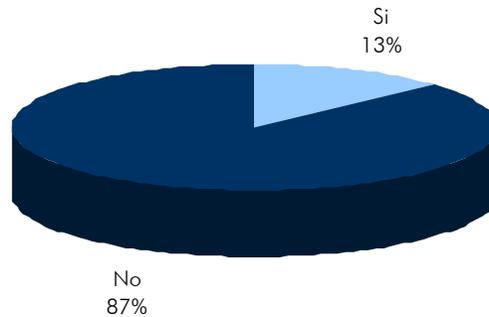


Gráfico 2-4. Uso de las cajoneras de la mesa de trabajo.

La mayoría de los usuarios manifestaron que no utilizan las cajoneras debido a que:

- La posición no es adecuada; si se colocan herramientas en ellas, quedan fuera del alcance.
- Son pequeñas para almacenar los objetos que preferirían guardar en ellas, como mochilas y cajas de herramientas.

Pregunta No.5: ¿Cómo consideras la ubicación de dichas cajoneras?

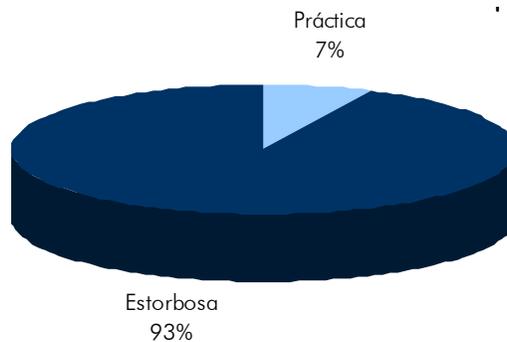


Gráfico 2-5. Evaluación de la ubicación de las cajoneras.

La mayoría de los usuarios consideran estorbosa la posición de las cajoneras básicamente porque sobresalen del resto de la mesa limitando el espacio de trabajo, lo que genera que el trabajo en equipo sea difícil, además de lesiones en piernas y rodillas cuando el usuario cambia de posición repentinamente mientras trabaja.

Pregunta No.6: ¿La ubicación de la barra de contactos es práctica?

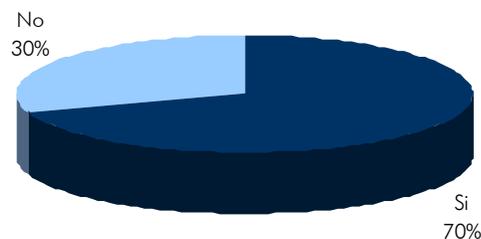


Gráfico 2-6. Practicidad de la ubicación de la barra de contactos.

Quienes consideraron que la ubicación es práctica, lo justificaron con las siguientes observaciones:

- La ubicación no es estorbosa.
- Es accesible, ya que está dentro del área de trabajo.

Por otra parte quienes opinaron lo contrario observaron lo siguiente:

- Su ubicación genera que los cables del equipo conectado se encuentren desordenados sobre el área de trabajo.
- No es factible conectar todo el equipo a la misma barra de contactos debido a posibles cortos que se puede presentar en algunos circuitos de prueba.

Pregunta No.7: La ubicación del generador de funciones y el osciloscopio ¿te resulta práctica?



Gráfico 2-7. Practicidad de la ubicación del equipo de medición.

Parte de los usuarios afirmaron que la ubicación es práctica ya que no ocupan espacio dentro del área de trabajo, son accesibles y es fácil visualizar la pantalla de cada equipo.

Quienes opinaron lo contrario, lo atribuyeron a que la altura a la que se encuentran ubicados sobrepasa sus límites de alcance al estar sentados, por lo tanto necesitan mantenerse de pie mientras utilizan este equipo.

Pregunta No.8: La ubicación de las fuentes de voltaje ¿te resulta práctica?

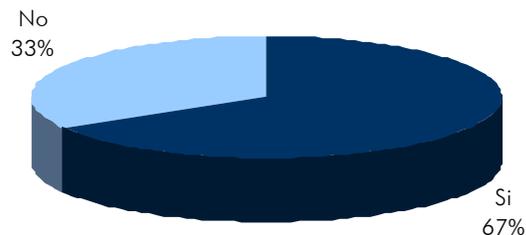


Gráfico 2-8. Practicidad de la ubicación de la fuente de voltaje.

Según las respuestas obtenidas, la ubicación de las fuentes de voltaje es práctica ya que se encuentran dentro del área de trabajo, y son plenamente accesibles, además de ser el equipo que más emplean, por lo tanto, se requieren lo más cerca posible.

Por otra parte, la posición también fue considerada no práctica debido a su lejanía del resto del equipo (generador de funciones y osciloscopio), y por tanto, al momento de hacer conexiones, hay dificultades con la longitud de los cables. Así mismo, utilizan un espacio considerable dentro del área de trabajo.

Capítulo 2

Pregunta No.9: ¿Te resulta útil la barra ubicada en la parte inferior de la mesa?

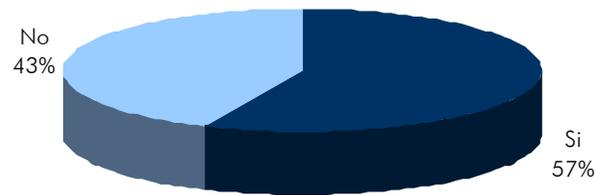


Gráfico 2-9. Utilidad de la barra inferior en la mesa de trabajo.

La barra fue considerada útil por la mayoría de los usuarios por lo siguiente:

- Es un espacio extra que aprovechan para colocar objetos grandes como mochilas o equipo que utilizan esporádicamente mientras trabajan.
- Cuando el cansancio es demasiado, emplean dicha barra para reposar los pies e incluso, llegan a dormir en ella.

Sin embargo, parte importante de la muestra, consideró que no es útil debido a que limita el espacio destinado a las piernas.

Pregunta No.10: ¿Generalmente en promedio, cuántas personas comparten la mesa de trabajo?

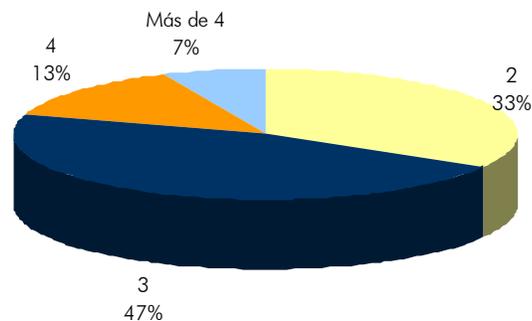


Gráfico 2-10. Número de usuarios que comparten la mesa de trabajo.

Los equipos de trabajo integrado por 2 y 3 alumnos, resultan los más recurrentes, sin embargo habrá que tomar en cuenta equipos de 4 personas, ya que tal opción tiene un porcentaje considerable.

Pregunta No.11: ¿Regularmente cuántas horas continuas trabajas en el laboratorio?

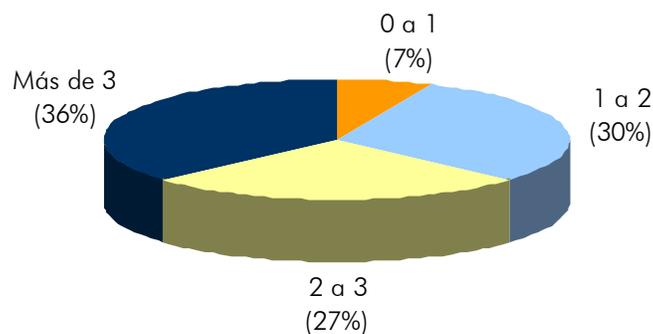


Gráfico 2-11. Periodo de tiempo que trabajan regularmente los alumnos en el LEA.

Pregunta No.12: ¿Cuál es el tiempo máximo que has llegado a emplear el laboratorio?

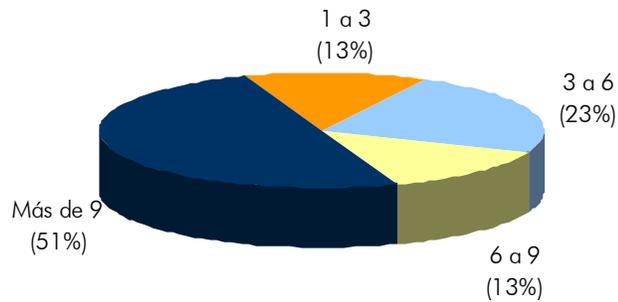


Gráfico 2-12. Período máximo (en horas) de trabajo en el laboratorio.

Los valores expresados en los Gráficos 2-11 y 2-12 muestran que debido al tiempo regular de 1 a 3 horas que los alumnos pasan en las instalaciones del laboratorio llega en ocasiones a ser excesivo en periodos de más de 9 horas, la necesidad de funcionalidad y ergonomía en el mobiliario resulta apremiante.

Pregunta No.13: En general, ¿el mobiliario cubre tus necesidades?

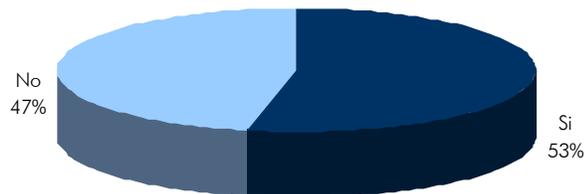


Gráfico 2-13. Evaluación de la funcionalidad del mobiliario.

De acuerdo a las respuestas obtenidas en esta pregunta, se llegó a dos conclusiones importantes:

- Los usuarios que consideran que el mobiliario cubre sus necesidades, se refirieron básicamente a que a pesar de las características del mobiliario que les provocan incomodidad, tienen todo lo necesario para realizar sus actividades, y con el paso del tiempo han tenido que acoplarse a trabajar bajo estas circunstancias; aunque reconocen abiertamente, que esto no es lo que debería suceder.
- Por otra parte, quienes consideran que el mobiliario no cubre con sus necesidades, lo atribuyeron principalmente a la falta de ergonomía del mobiliario y a la poca flexibilidad del mobiliario para adecuarse a las diversas actividades que los usuarios llevan a cabo dentro de los laboratorios.

Pregunta No.14: Tomando en cuenta las actividades que realizas, ¿qué le añadirías al mobiliario?

Las respuestas a esta pregunta, se han agrupado por similitud, y se muestran a continuación:

- Elementos móviles para facilitar el acceso y manipulación del equipo de medición.
- Mejoras en el aspecto ergonómico, principalmente en la silla.
- Mejor distribución del espacio dentro de la mesa de trabajo.
- Compartimiento práctico que permita almacenar útiles escolares.

Pregunta No.15: Y por el contrario, ¿qué le quitarías?

Las respuestas más comunes mencionaron las cajoneras, la barra ubicada en la parte inferior de la mesa y la división intermedia que secciona cada módulo de trabajo en dos mesas.

2.2.3 Interpretación de los resultados obtenidos del estudio de campo

Se desglosa a continuación la información obtenida a partir de las observaciones realizadas directamente con los usuarios mientras realizaban sus actividades, así como apreciaciones de alumnos y técnicos derivadas de las encuestas efectuadas.

- Fuerza requerida: en general, la fuerza física que los usuarios requieren para desempeñar sus actividades es prácticamente despreciable, sin embargo, lo importante a considerar es el grado de precisión manual que requieren principalmente al construir circuitos, ya que emplean piezas considerablemente pequeñas, por tanto, se debe tomar en cuenta la elevación del plano de trabajo, para lograr que el usuario adopte una posición más cómoda y un mayor grado de precisión²¹.
- Frecuencia y repetición: debido a que cada práctica que el usuario desarrolla en el laboratorio tiene un objetivo y proceso diferentes, es difícil establecer un patrón de frecuencia y repetición de movimientos.
- Duración y períodos de recuperación: la duración de la actividad, está al igual que el punto anterior, en función de la práctica a desarrollar en el laboratorio, por tanto tampoco en este caso existe un promedio de tiempo, ya que puede oscilar desde una hora hasta periodos extremos de más de 12 horas, es precisamente en estas jornadas de trabajo cuando se incrementa el riesgo de lesiones y microtraumatismos acumulativos. Por otra parte, los periodos de recuperación también dependen directamente del usuario, principalmente de su grado de fatiga física e intelectual y del tiempo que requiere para satisfacer sus necesidades fisiológicas.
- Posturas asumidas: las dos principales posturas físicas que el usuario adopta a lo largo de su jornada de trabajo, son posición de sentado y de pie.
 - Postura sentada²²: es una postura más estable que la posición de pie ya que proporciona una superficie de apoyo corporal que permite la relajación de los miembros inferiores, minimizando con ello el gasto energético y por ende, provoca una fatiga menor para el usuario. Sin embargo, a pesar de los beneficios, esta posición es antinatural y supone una modificación forzada en la posición y disposición de la cadera y columna vertebral debido al ángulo recto que se requiere entre las piernas y el tronco, de este modo existe un aumento en los grados de presión en los discos intervertebrales de la zona lumbar, ocasionado por la modificación forzada en la cadera y columna vertebral que ésta adopta en tal postura. Para minimizar la presión en los discos de la zona lumbar, se requiere soporte adecuado en muslos y espalda y mientras se está sentado, ubicar el centro de masa del cuerpo entre las tuberosidades isquiales (dos prominencias del hueso que pueden sentirse en la parte baja de los glúteos al sentarse sobre las manos).
 - Postura de pie²³: en esta posición, la columna vertebral adquiere una forma lordótica, es decir, adquiere una curvatura hacia adentro de la parte lumbar de la columna, y lo ideal en esta posición es mantener la cabeza en equilibrio respecto al centro de masa del cuerpo, así como evitar encorvar la espalda y repartir el peso en ambas extremidades inferiores, para evitar esfuerzos en las vértebras cervicales y las dorsales principalmente.

²¹ Ergoprojects. Op.cit.

²² Ibíd.

²³ Ibíd.

La postura sentada, es sin duda la postura adoptada por los usuarios por lapsos más largos de tiempo, debido a que tal posición física es la que se acomoda en mejor manera a las actividades desarrolladas en el laboratorio y por otro lado la postura de pie, aunque su frecuencia no se compara con la anterior, es también importante como una posición auxiliar que le permite al usuario utilizar el equipo que queda lejos de su alcance mientras se encuentra sentado.



Figura 2-2. Postura de sentado en usuarios del laboratorio.

En las fotografías de la Figura 2-2, se observa que los usuarios requieren inclinarse y acercarse hacia la mesa para realizar sus tareas, por tanto, debido a las dimensiones y forma del mobiliario, se ven obligados a sentarse casi en la orilla de la silla, provocando así que su peso no se distribuya uniformemente sobre la superficie del asiento y si bien, la mayor parte de su peso se concentra sobre las tuberosidades isquiales, tal posición provoca mayor esfuerzo en muslos y rodillas, aunado a lo anterior, el cuello y la espalda se mantienen encorvados hacia adelante, lo que provoca mayor esfuerzo en las vértebras cervicales y dorsales respectivamente.

Es importante mencionar que si bien esta posición es necesaria para realizar sus actividades, se debe considerar que el problema radica no sólo en el diseño del mobiliario, sino también en que el usuario mantenga dicha posición por periodos largos de tiempo, sin alternarla con otra postura más relajada.

Respecto a la misma situación de sentado, son importantes los movimientos forzados del tronco y giros de espalda que los usuarios realizan para adecuarse a la ubicación del equipo que utilizan (Figura 2-3a) o bien, para lograr el trabajo en equipo concentrado en una sola mesa, como lo muestra la Figura 2-3b. Tales posiciones generan la concentración de tensiones en espalda y cuello, que finalmente provocan lesiones.



Figura 2-3. Posturas físicas de los usuarios al realizar actividades en equipos de trabajo.

Capítulo 2

Un inconveniente más mientras los alumnos trabajan sentados, sucede al momento en que arman y/o soldan circuitos. Debido a la altura del plano de trabajo y el tamaño de las piezas y detalles con que trabajan necesitan flexionar la columna vertebral y el cuello hacia abajo, además de inclinar la cabeza para observar de cerca las piezas con que trabajan (Figura 2-4).



Figura 2-4. Posturas físicas de los alumnos mientras ensamblan circuitos.



Figura 2-5. Postura de pie en usuarios del laboratorio.

Finalmente, el estar de pie es una postura a la que el usuario recurre cuando por sus características antropométricas el equipo ubicado en la parte superior de la mesa queda fuera de su alcance, sin embargo, en esta postura se presenta otro inconveniente, ya que cuando el usuario está de pie, si su estatura sobrepasa el nivel de la pantalla del equipo, se ve obligado a encorvar el cuerpo, provocando con ello esfuerzos en toda la columna vertebral (Figura 2-5b).

- Desventajas del mobiliario: Básicamente se consideró como desventaja aquella característica del mobiliario que limita el desempeño de los usuarios o bien que disminuye su comodidad. Las desventajas identificadas al observar sus actividades son las siguientes:
- La mesa carece de algún compartimiento adecuado en el que el usuario pueda guardar objetos como mochilas y cajas de herramientas, que si bien le resultan muy útiles, por el tamaño de dichos elementos, requiere guardarlos en un área en específico, donde no le estorben y a la vez mantenga acceso a ellos (Figura 2-6).



Figura 2-6. Mochilas y cajas de herramientas de los alumnos.

- Las cajoneras laterales de la mesa, debido a su ubicación, resultan peligrosas para el usuario, ya que provocan lesiones en rodillas y por otra parte, limitan el espacio del que se dispone para dar cabida a otro usuario en una mesa de trabajo, lo que provoca que cuando se encuentran dos o más personas trabajando en un mismo proyecto, se estorben entre sí y adquieran posturas de trabajo forzadas (Figura 2-7).



Figura 2-7. Elementos estorbosos en el mobiliario de trabajo.

- Por el material de construcción tan rígido, la forma y las dimensiones, la silla resulta además de poco funcional y ergonómica, un elemento estorboso, que no permite maximizar el área de trabajo, tanto de la mesa como de las circulaciones del local. El respaldo tiene un ángulo de inclinación de 120° aproximadamente, lo cual no corresponde al tipo de actividad que desarrollan los alumnos, carece de apoyo lumbar y de un elemento que permita el apoyo para los pies del usuario (Figura 2-8).



Figura 2-8. Posturas físicas asumidas en la silla de trabajo.

Capítulo 2

- La altura a la que se ubica el equipo de medición, dificulta el alcance incluso para los individuos más altos, aunado a ello, la forma del plano del trabajo obstaculiza la manipulación de los controles de los aparatos (Figura 2-9).



Figura 2-9. Posturas físicas al manipular el equipo de medición.

- Se presentan problemas de iluminación debido a que las caras laterales de la mesa y la división intermedia del módulo de trabajo, provocan que la cantidad de luz se reduzca y la intensidad de las sombras aumente. Aunado a ello, la disposición del mobiliario y de las fuentes de luz del laboratorio provoca que el usuario proyecte su sombra hacia la mesa de trabajo, justo frente a él en su plano de trabajo (Figura 2-4).



Figura 2-10. Estación de programación de circuitos y diseño de las ventanas del local.

- En cuanto a las estaciones de programación de circuitos, se han instalado en escritorios convencionales sin alguna consideración particular respecto a la tarea desarrollada (Figura 2-10).
- La arquitectura del local (Figura 2-10b) muestra que el marco de las ventanas fue diseñado para empotrar repisas en la pared o bien colocar anaqueles pequeños dentro de ese espacio, con la disposición actual del mobiliario esta función del local no se aprovecha.

Por otra parte, a través del análisis de los resultados de la encuesta practicada a los usuarios se obtuvieron otras desventajas que no se habían contemplado anteriormente o bien las consideraciones de los usuarios complementan las observaciones ya mencionadas anteriormente.

A continuación se mencionan las desventajas descritas por los usuarios:

- Más del 80% de los encuestados, no utiliza las cajoneras debido a que por su ubicación, los elementos que almacenan en ella quedan lejos de su alcance o bien porque dichas cajoneras resultan pequeñas para guardar sus cajas de herramientas y mochilas principalmente.

- La ubicación de la barra multicontactos, se considera práctica por estar dentro del área de trabajo, pero a la vez tener los cables en esta área resulta estorboso. Por otra parte, si un circuito de prueba falla y provoca una alteración en la corriente eléctrica, toda la instalación eléctrica del laboratorio se ve afectada, al igual que el equipo que se alimenta de ésta.
- La ubicación del osciloscopio y del generador de funciones, está al alcance sólo de una parte de los usuarios debido a sus características antropométricas.
- La barra ubicada en la parte inferior de la mesa es útil para almacenar diversos objetos y en ocasiones como apoyo para las extremidades inferiores, sin embargo, su ubicación reduce el espacio requerido para las piernas e incluso llega a provocar lesiones.

2.3 Extraer, organizar y priorizar los requerimientos del producto

El término “requerimientos del producto”²⁴ se refiere a aquella descripción precisa de lo que un producto tiene que hacer. Los requerimientos equivalen a las necesidades del usuario con la diferencia de que éstas generalmente se expresan en el lenguaje del mismo y son aspectos descritos de manera subjetiva, mientras que los requerimientos se establecen de modo que sirvan como guía para el diseño y construcción del producto.

Así, después de analizar los resultados de las observaciones efectuadas en el estudio de campo, las respuestas de los alumnos encuestados y algunas observaciones de profesores y técnicos del LEA se conformaron los siguientes requerimientos del producto:

1. Mobiliario diseñado de acuerdo a la antropometría de los usuarios, además de considerar aspectos biomecánicos como posturas, movimientos, alcances óptimos y visibilidad.
2. Dimensión del área de trabajo suficiente en relación a las actividades desarrolladas.
3. Iluminación apropiada en el área de trabajo.
4. Sillas de trabajo que permitan al usuario tomar posiciones erguidas y confortables, considerando para ello elementos antropométricos y biomecánicos.
5. Distribución del equipo electrónico dentro de la mesa de trabajo, con fácil acceso sin limitar el área de trabajo.
6. Considerar la existencia de dos barras multicontactos, tomando en cuenta que requieren una ubicación que permita que los cables de los equipos se mantengan ordenados y sin estorbar en el área de trabajo.
7. Diseño de la mesa que permita el trabajo individual y en equipo de dos o tres personas principalmente.
8. Material de construcción que proporcione buena resistencia al desgaste y a los esfuerzos que implican las actividades del usuario.
9. Compartimientos que permitan almacenar cajas de herramientas y mochilas principalmente.
10. Aditamentos que faciliten actividades visuales y manuales, como la lectura de diagramas y el ensamble y soldadura de circuitos.

²⁴ Eppinger, Steven y Ulrich, Karl: **Product design and development**. Mc Graw Hill, USA 2000.

Capítulo 2

11. Dos estaciones de trabajo dedicadas a la programación de circuitos integrados, conformadas por una computadora personal y un sistema de programación (un programador y un borrador de memorias EPROM). La conceptualización de estas estaciones debe contemplar consideraciones ergonómicas para el trabajo en general con computadoras personales.
12. El diseño y disposición del mobiliario de trabajo debe permitir las actividades de 25 alumnos y un profesor como mínimo.
13. Determinación de formas, texturas y colores considerando el grupo de usuarios al que va dirigido, así como la integración con la arquitectura del local.

Los requerimientos antes descritos, se pueden clasificar en tres categorías:

- Requerimientos ergonómicos: Son aquellos requerimientos relacionados directamente con el confort de los usuarios, se busca específicamente prevenir lesiones físicas así como proporcionar al usuario la mayor comodidad posible para que realice sus actividades de la mejor manera. En esta categoría se encuentran los requerimientos de los incisos 1 al 4.
- Requerimientos en cuanto a funcionalidad: Son las características del mobiliario que hacen posible que éste se adecue a un uso determinado, es decir la forma en que el elemento responde a propósitos prácticos. Esta categoría se integra por los requerimientos de los incisos 5 al 12.
- Requerimientos estéticos: Se refiere a las cualidades visuales y táctiles principalmente que poseen los elementos que integran el diseño. Tales requerimientos proporcionan armonía y permiten que el usuario se identifique sensorialmente con el objeto. En esta categoría se considera el requerimiento número 13.

La prioridad de los requerimientos de diseño se ha establecido en el siguiente orden:

1. Requerimientos en cuanto a funcionalidad.
2. Requerimientos ergonómicos.
3. Requerimientos estéticos.

Lo anterior se determinó tomando como argumento el hecho de que el mobiliario de trabajo debe ser útil antes que confortable, de lo contrario se podría cometer el error de diseñar un mobiliario cómodo pero inadecuado a las actividades de los usuarios, y si bien, las cualidades estéticas del mobiliario de trabajo permitirían que el usuario desarrolle sus actividades en un ambiente más armónico, estas son características que pueden adaptarse más fácilmente después de que los requerimientos más importantes hayan sido cubiertos satisfactoriamente.

El objetivo de conformar los requerimientos del producto, así como determinar su prioridad por categorías es que el proceso de diseño se desarrolle conociendo exactamente las especificaciones que el producto final debe cubrir para satisfacer las necesidades del usuario, sin embargo, es importante considerar que asegurar que la propuesta de diseño cumplirá con todos los requerimientos planteados es incierto, ya que hasta ahora se desconocen posibles restricciones e inconvenientes que podrán aparecer en el proceso, ejemplos de ello, son limitantes técnicas o la elección de soluciones de diseño más viables que otras.

2.4 Establecer los parámetros de diseño

Los parámetros de diseño²⁵ son elementos que intervienen para lograr la satisfacción de los requerimientos del producto, dan la pauta para elegir la solución de diseño más práctica o factible y a su vez establecen rangos o limitaciones en cuanto a formas, dimensiones y otras características.

Tomando en cuenta los requerimientos de diseño, se han determinado los siguientes parámetros de diseño:

1. Datos antropométricos adecuados a la población de usuarios.
2. Consideraciones ergonómicas en cuanto a posturas y alcances físicos, movimientos del usuario, iluminación, visibilidad y periodos de trabajo principalmente.
3. Dimensión del equipo electrónico de trabajo, de cajas de herramientas y de mochilas escolares.
4. Dimensiones del laboratorio, ubicación de ventanas y puertas.
5. Dimensiones y características de los materiales existentes en el mercado.
6. Procesos de producción sencillos que permitan minimizar tiempos y costos.

2.5 Diagrama de causa-efecto

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una herramienta empleada en el análisis de problemas y sus soluciones, generalmente se aplica con el objetivo de aumentar la calidad de procesos, productos y servicios. Fue implementada en 1953 por el japonés Dr. Kaoru Ishikawa.

El diagrama consiste en una representación gráfica que permite presentar el problema dividiéndolo en subproblemas, pero sin perder la relación entre estos, logrando con ello una visualización clara y sencilla del problema de manera integral sin que ningún elemento quede excluido.

La estructura del diagrama se integra por una línea horizontal que representa el problema a analizar escrito a la derecha, de este eje horizontal se derivan líneas inclinadas que representan las causas primarias del problema, a su vez, estas líneas reciben otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias²⁶.

En el caso del presente trabajo de tesis, el problema a resolver y sus causas han sido ya desglosadas en la primera y segunda fase de la metodología de desarrollo, por lo que emplear el diagrama de causa y efecto con la finalidad de encontrar la posible causa del problema sería redundante, por tanto, los diagramas que se presentan en las Figuras 2-11 y 2-12, tienen el objetivo de esquematizar de manera integral todos aquellos elementos que están directa e indirectamente relacionados con el mobiliario y que por tanto, serán determinantes en mayor o menor medida en el diseño final, tomando en cuenta que cada uno de estos elementos deberá ser considerado al momento de realizar la propuesta de diseño. De este modo, en los esquemas se han definido cuatro categorías básicas que determinarán la solución, que son materiales, estética, ergonomía y funcionalidad y finalmente, de estas categorías se derivan todos aquellos elementos que corresponden a cada una.

²⁵ Eppinger. Op.cit.

²⁶ Asociación Latinoamericana de QFD. <http://www.qfdlat.com>

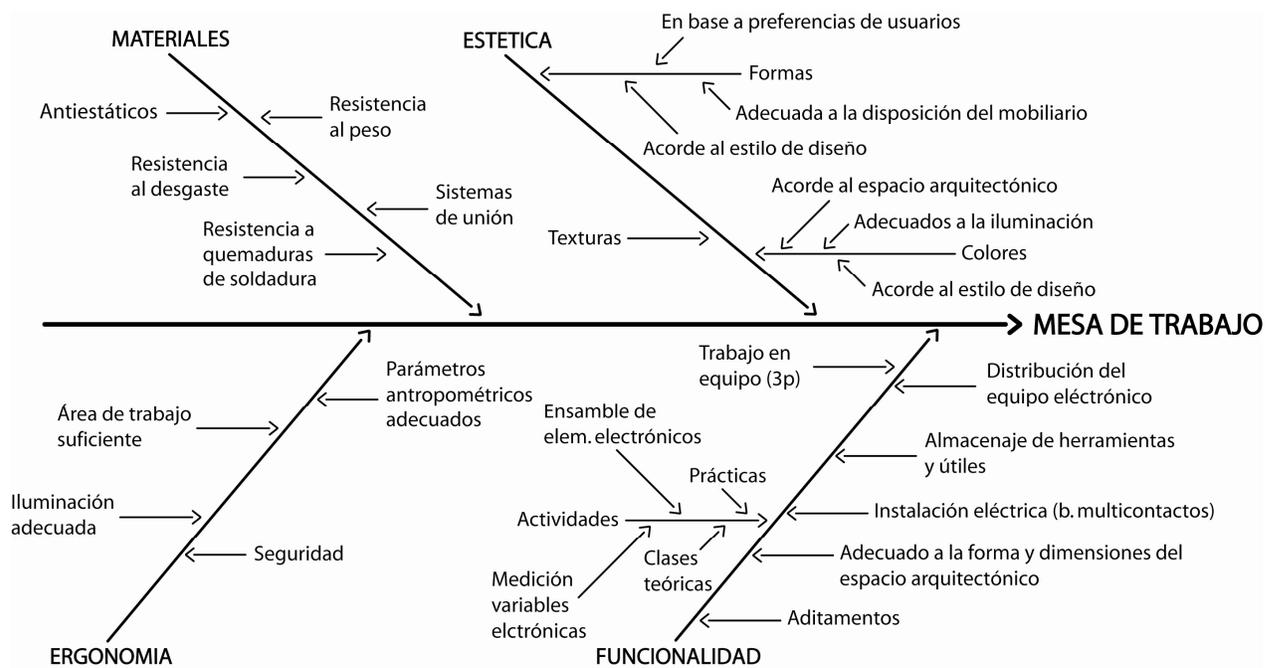


Figura 2-11. Diagrama causa-efecto para la mesa de trabajo.

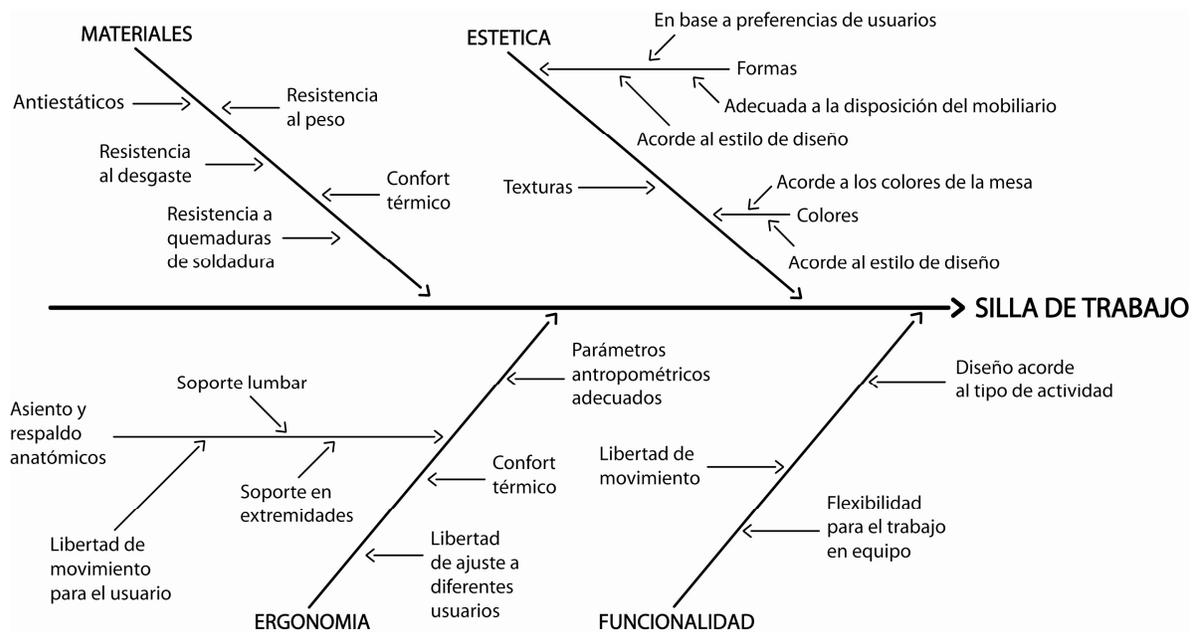


Figura 2-12. Diagrama causa-efecto para la silla de trabajo.

2.5.1 Análisis e interpretación de los diagramas

Los diagramas representan un panorama general de los elementos involucrados en el diseño de la mesa y la silla de trabajo y funcionan como una guía gráfica y sintética para el desarrollo del proyecto complementando los requerimientos de diseño antes establecidos.

Por otra parte al analizar los diagramas considerando el número de elementos que los integran así como su complejidad y prioridad, se concluye que la mesa de trabajo es el elemento central de la propuesta de diseño, esto debido a las siguientes observaciones:

Considerando los elementos que deben integrarse en la silla y la mesa, puede resultar más fácil encontrar en el mercado una silla de trabajo que se adecue a los requerimientos, lo cual no sucede con la mesa pues ésta tiene requerimientos más específicos. Lo anterior se verá reflejado en el estudio de mercado, y a través de él se definirá que tipo de silla es más conveniente o si es necesario diseñar una silla especial para este caso.

Tomando en cuenta la posibilidad de llevar a cabo la construcción del mobiliario dentro de las instalaciones de la UTM, es posible que producir una mesa de calidad comparable con las mesas elaboradas industrialmente sea más factible que la de una silla comercial, debido a que la elaboración de asientos y respaldos actualmente requieren procesos industriales de alta tecnología que brindan grandes cualidades ergonómicas además de bajos costos, al tener alta producción en serie, lo cual sería complicado empleando las herramientas de los talleres de la UTM.

En cuanto al diseño de las estaciones de programación, debido a que su uso no se compara en frecuencia y lapsos de tiempo con el uso de la mesa de trabajo, una vez determinado el diseño de la mesa de trabajo, de éste se derivará el diseño de la mesa para la estación de programación agregando las consideraciones particulares que impliquen el uso de computadoras personales.

Por lo anterior, se continuará con el análisis del diagrama de la mesa de trabajo, dejando por el momento el análisis de la silla.

Tomando en cuenta que los requerimientos en cuanto a funcionalidad han sido determinados como más importantes que los restantes, la intención es que la propuesta de diseño dé solución a éstos en primer lugar y los otros elementos considerados en los esquemas, sean resueltos en segundo término o bien, de manera implícita.

Cada elemento considerado dentro de la categoría de funcionalidad será determinante en el diseño en mayor o menor grado, para determinarlo, se realizó el análisis descrito en la tabla 2-1.

Después de analizar la influencia de cada elemento en el diseño del mobiliario, se ponderó la importancia de cada uno de ellos, basándose en el criterio de elegir como menos determinantes a aquellos elementos que pueden adaptarse al diseño después de tener la estructura básica de la mesa de trabajo. Como ejemplo de ello, se encuentran los aditamentos (lámpara, sujetador de hojas, etc.), pues si bien influyen en el espacio libre que tendrá el usuario dentro de su área de trabajo, son objetos que pueden adaptar su forma, tamaño y ubicación al resto del mobiliario (Ver Tabla 2-2).

Elemento	Influencia del elemento en el diseño
Trabajo en equipo (2 / 3 personas)	Dimensión del área de trabajo suficiente para los instrumentos de trabajo y para cada integrante del equipo de trabajo. Forma del mobiliario que facilite la interacción entre los integrantes del equipo.
Actividades: Clases teóricas Ensamble de elementos electrónicos Medición de variables electrónicas Prácticas	Dimensión del área de trabajo suficiente. Disposición del mobiliario que permita la interacción de los alumnos con el profesor, así como alcance visual del pizarrón para cada alumno.
Distribución del equipo electrónico	Área destinada exclusivamente para el equipo electrónico de medición.
Almacenaje de herramientas y útiles	Área destinada para almacenar útiles escolares y determinadas herramientas.
Instalación eléctrica	Ubicación de las barras multicontactos en la mesa de trabajo.
Forma y dimensiones del espacio arquitectónico	Dimensiones máximas del mobiliario del trabajo. Distribución del mobiliario. Ubicación de las circulaciones dentro del local. Maximizar el espacio disponible del local. Capacidad del mobiliario para 25 alumnos como mínimo.
Aditamentos	Espacio libre para el área de trabajo.

Tabla 2-1. Influencia de los elementos de la categoría de funcionalidad en el diseño de la mesa de trabajo.

Elemento	Grado que influye en el diseño
Forma y dimensiones del espacio arquitectónico	Alto
Trabajo en equipo (2 / 3 personas)	
Actividades: Clases teóricas Ensamble de elementos electrónicos Medición de variables electrónicas Prácticas	
Distribución del equipo electrónico	Medio
Almacenaje de herramientas y útiles	
Aditamentos	Bajo
Instalación eléctrica	

Tabla 2-2. Jerarquía de los elementos de la categoría de funcionalidad.

El análisis realizado se retomará más adelante en la fase creativa considerando la jerarquía de los elementos ya determinada.

Capítulo 3: Recopilación de datos

La fase de la metodología de recopilación de datos consiste en recabar información necesaria para el desarrollo de propuestas de diseño. Parte de esta recopilación ha sido de carácter teórico en temas como métodos de investigación y desarrollo, diseño industrial y ergonomía principalmente y conforma la bibliografía consultada desde el inicio del anteproyecto de tesis.

A lo largo de éste módulo se han recabado datos referentes a aspectos como iluminación, empleo del color, consideraciones de diseño para estaciones de computadoras personales y preferencias de los usuarios del LEA en cuanto a atributos sensoriales, además de tablas antropométricas que definirán las dimensiones del mobiliario.

Finalmente, esta fase comprende un estudio de mercado, para dicho estudio, se recopiló información en catálogos impresos y catálogos en línea acerca de diferentes modelos de mesas y sillas de trabajo que existen en el mercado actual que se asemejan en lo posible al tipo de mobiliario que el laboratorio requiere. Así mismo, se observó la forma en que otras universidades han dado solución al equipamiento de sus laboratorios de electrónica, ya que los requerimientos de éstos son semejantes a los del LEA de la UTM.

A continuación se muestran de manera sintetizada los datos más significativos relacionados directamente con el desarrollo del proyecto. Dicha información será utilizada en las siguientes fases de la metodología.

3.1 Iluminación

En general, la luz es un factor que tiene influencia directa sobre el estado de ánimo, la fatiga y el bienestar de cada persona. Determinar el nivel de iluminación necesario en los lugares de trabajo toma importancia debido a que en condiciones incorrectas del nivel de iluminación, el ojo humano tiene dificultad para distinguir color, perspectiva, dimensión, textura y forma de los objetos, lo anterior, a pesar de que el ojo se adapta de forma automática tratando de compensar los cambios de iluminación.

Por tanto, “el objetivo de diseñar ambientes adecuados para la visión no es proporcionar luz, sino permitir que las personas reconozcan sin errores lo que ven, en un tiempo apropiado y sin fatigarse”²⁷.

Para abordar el tema de la iluminación, es necesario comprender ciertas magnitudes y definiciones esenciales que se emplearán más adelante²⁸:

- Flujo luminoso: es la cantidad de luz emitida por segundo por una fuente de luz, su unidad es el lumen (lum). El flujo luminoso de una lámpara determina su potencia lumínica.
- Intensidad luminosa: se refiere al flujo luminoso de una fuente en un determinado ángulo de dirección. Su unidad de medida es la candela o lumen/estereorradián.
- Nivel de iluminación o iluminancia: cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie por unidad de área. Su unidad es el lux (lumen/m²).
- Rendimiento fotométrico: número de lúmenes que produce una lámpara dividida por la potencia eléctrica consumida (lum/W).
- Luminancia o brillo: cantidad de luz que emite una superficie, ya sea porque ésta es luminosa o porque refleja la luz de alguna fuente. Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m²).
- Contraste: diferencia entre los niveles de luminosidad entre el objeto observado y su fondo.
- Índice de rendimiento cromático (IRC): aptitud de una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de la superficie que se ilumina. Se considera como ideal la luz solar, que es una “luz blanca” con todo el espectro de colores. Se dirá que una lámpara tiene un rendimiento cromático óptimo si el IRC está comprendido entre 85 y 100, bueno si está entre 70 y 85 y discreto si lo está entre 50 y 70.
- Temperatura del color: mide la capacidad de la luz para producir una sensación psicológica de calidez o frialdad. Se mide en grados Kelvin.
- Coeficiente de reflexión: relación entre el flujo luminoso incidente y el reflejado por la superficie.

²⁷ Barrau, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 1: Fundamentos**. Alfaomega, 3a. edición, 2001.

²⁸ De Pedro, Gómez, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 4: El trabajo en oficinas**. Alfaomega, México 2002.

3.1.1 Parámetros de diseño de sistemas de iluminación para puestos de trabajo.

A grandes rasgos, la instalación de las fuentes de iluminación en puestos de trabajo puede clasificarse en tres tipos:

1. Iluminación general: tiene el objetivo de proporcionar un nivel homogéneo de iluminación en todos los puestos de trabajo situados en un mismo plano en el local. Las luminarias se distribuyen uniformemente en el techo.
2. Iluminación general localizada: la finalidad es iluminar el local por zonas, en las cuales se distribuyen los medios de producción de manera no uniforme, por lo tanto se recurren a diferentes niveles de iluminación si es necesario.
3. Iluminación suplementaria: a través de una luminaria situada en el propio puesto de trabajo, se complementa la iluminación general o general localizada para obtener la cantidad o calidad de luz necesaria por la tarea realizada en ese puesto.

Combinar dos o tres sistemas de iluminación, puede llegar a ser una solución factible, siempre y cuando las diferencias entre los diversos niveles de iluminancia en las superficies que integren el área no sean importantes, evitando así que los reflejos aumenten y que las sombras se intensifiquen y que por tanto los usuarios sufran deslumbramiento. La Figura 3-1 muestra la relación de los niveles de iluminación entre un sistema de iluminación general y uno suplementario, debe interpretarse como la cantidad mínima que el local debe tener de iluminación general para el nivel de luminancia suplementaria que requiere el puesto de trabajo.



Figura 3-1. Relación entre el aluminado general y el localizado

Finalmente, la presencia y aprovechamiento de luz natural es un factor muy importante que complementa los tres tipos de iluminación descritos, ya que por un lado impacta positivamente en el estado anímico de los usuarios al tener contacto visual con el exterior, evitando así la sensación de encierro y monotonía de su lugar de trabajo y además, es un factor que permite reducir costos.

En el diseño de la iluminación en un puesto de trabajo, se deben considerar ciertos factores que determinarán el nivel de iluminación requerido²⁹:

- Tamaño de las piezas manipuladas por el usuario.
- Precisión requerida en la tarea.
- Velocidad a la que se realiza.

²⁹ Ergoprojects. Op.cit.

Capítulo 3

- Contraste entre las piezas.
- Disposición en el espacio de las piezas, herramientas y equipo utilizado.
- Reflejo de la superficie de trabajo.
- Presencia de luz natural.

Una vez analizados estos factores, es posible identificar el nivel de iluminación más adecuado con base en la norma europea CEN-TC169³⁰.

Intervalo	Nivel de iluminación en superficies horizontales de trabajo [lux]	Actividad
A Iluminación general con necesidades visuales sencillas	100 - 150	Lugares no destinadas para trabajo continuo (zonas de almacenaje y entradas)
	200 - 300	Tareas con necesidades visuales limitadas (maquinaria pesada, salas de conferencias)
B Iluminación general para trabajo en interiores	500 - 1 000	Tareas con necesidad visual normal (maquinaria media, oficina)
	1 000 - 2 000	Tareas con necesidad visual especial (inspección textil)
C Iluminación adicional en tareas visuales exactas	3 000 - 5 000	Tareas prolongadas que requieren precisión (minielectrónica y relojería)
	5 000 - 15 000	Tareas visuales muy especiales (operaciones quirúrgicas)

Tabla 3-1. Nivel de iluminación recomendado para actividades de trabajo.

Básicamente, los niveles recomendados de iluminación para cada tipo de trabajo es el nivel mínimo que resulta suficiente para realizar las tareas más críticas y difíciles de dichas actividades. El caso individual de iluminación requerida dependerá de la tarea que se vaya a desarrollar y la precisión que se solicite.

Por otra parte, el nivel de iluminación requerido, guarda una estrecha relación con la temperatura del color, ya que dependiendo de ésta, el usuario percibirá con mayor o menor exactitud los colores de los objetos, además de relacionar psicológicamente su trabajo con una atmósfera de calor o frialdad, lo cual es importante si se reflexiona en hechos como el grado de estrés y tedio que puede provocar una luz cálida cercana al observador en su puesto de trabajo en contra punto al beneficio de percibir un entorno fresco y nítido.

³⁰ De Pedro. Op.cit.

Fuente luminosa	Temperatura de color °K
Luz solar al medio día	5 250
Lámparas fluorescentes:	
Luz de día	6 500
Blanca fría	4 500
Blanca	3 500
Blanca cálida	3 000
Lámpara incandescente:	
Luz de día de 500 W	4 000
De servicio general	2 500 - 3 050

Tabla 3-2. Valor aproximado de las temperaturas de color de diversas fuentes³¹.

Por tanto, a cada nivel de iluminación corresponde un valor de temperatura de color que es ideal respecto al tipo de actividad que se realiza bajo determinado nivel de iluminancia.

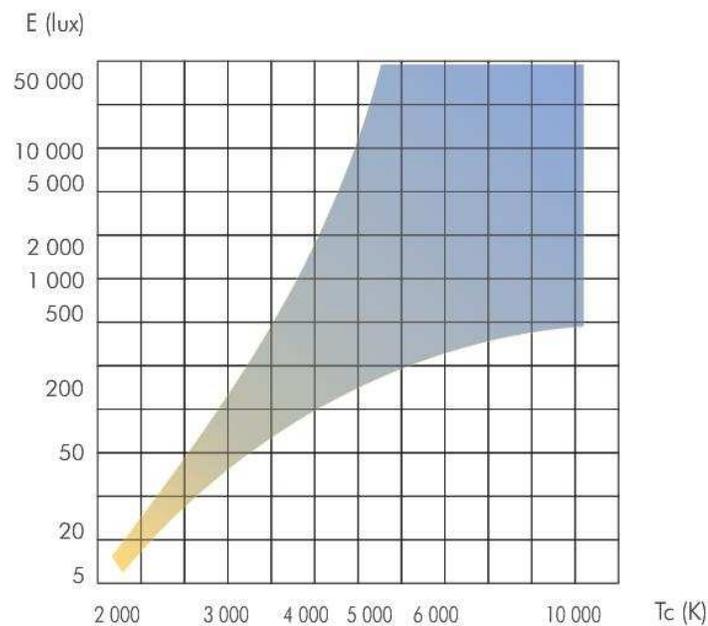


Figura 3-2. Relación óptima entre temperatura de color y nivel de iluminación³².

Una vez ya determinados todos los requerimientos de la iluminación en el puesto de trabajo, es preciso determinar el tipo de luminaria y de lámpara a utilizar.

Las luminarias se clasifican en seis tipos dependiendo del porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal de la luminaria (Figura 3-3), así como en seis denominaciones de acuerdo al ángulo de apertura de su haz luminoso (Tabla 3-3). Actualmente en el mercado existe una gran variedad de luminarias en cuanto a forma y materiales, así como el tipo de

³¹ De Pedro. Op.cit.

³² De Pedro. Op.cit.

Capítulo 3

instalación que requieren, así se tienen por ejemplo, luminarias colgantes de rejillas de aluminio, luminarias empotradas con difusores de metacrílico o con lentes prismáticas, reflectores, entre otros.

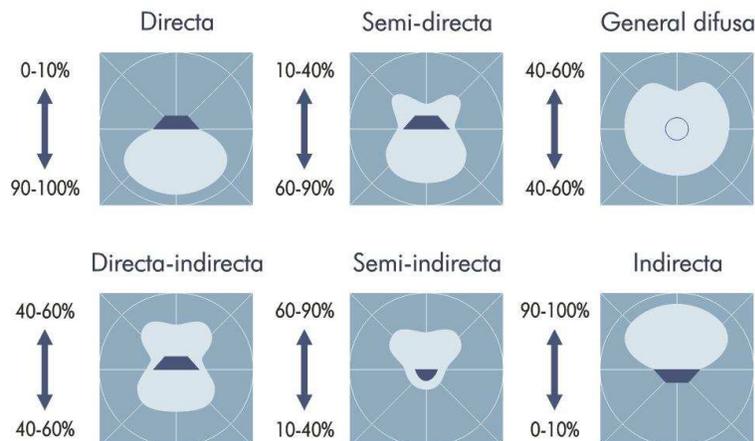


Figura 3-3. Clasificación de las luminarias según el tipo de distribución luminosa³³

Denominación	Ángulo abertura
Intensiva (haz estrecho)	0° - 30°
Semi-intensiva (haz medio)	30° - 40°
Dispersora (haz medio)	40° - 50°
Semi-extensiva (haz amplio)	50° - 60°
Extensiva (haz amplio)	60° - 70°
Hiper-extensiva (haz muy amplio)	70° - 90°

Tabla 3-3. Clasificación según el haz luminoso³⁴

La importancia del tipo de lámpara elegida radica en que ésta determina la calidad de la luz a través de sus características de flujo luminoso, iluminancia, rendimiento fotométrico y temperatura del color principalmente. Existen cuatro tipos básicos de lámparas³⁵:

Incandescente: se basa en la producción de luz mediante un filamento calentado al paso de una corriente eléctrica. Posee un espectro continuo, sin embargo los anaranjados y rojos tienen mayor emisión, efecto que resulta más notorio en lámparas de poca potencia (25 – 40 W) por lo que en este caso no tienen un buen rendimiento en color. La luz incandescente presenta baja eficacia ya que sólo el 10% de la energía que consume se emite en forma de luz y el resto se transforma en calor. Tiene un encendido instantáneo y proporciona luz acogedora. Si la lámpara no se cubre con alguna pantalla, provoca deslumbramiento debido a su alto brillo.

Halógenas: Son de incandescencia como las anteriores, con la diferencia de que se les ha agregado un halógeno. Tienen un espectro continuo sin embargo tienen baja eficacia, vida corta y coste elevado.

³³ Universidad de las palmas de Gran Canaria, Depto. de construcción arquitectónica. <http://editorial.cda.ulpgc.es>

³⁴ Ibíd.

³⁵ De Pedro. Op.cit.

De descarga: la luz se genera por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o un gas. Básicamente existen de dos tipos, de vapor de sodio y de mercurio, y las fluorescentes que son una variante de las de vapor de mercurio. Son lámparas muy eficientes y económicas, no obstante tienen demora en el encendido y su espectro es limitado por lo que provocan alteración de los colores a la vista. Su uso generalmente está limitado a locales altos y carreteras.

Fluorescente: son lámparas con alto grado de eficiencia, es decir gran parte de su energía se emite en forma de luz y no de calor. Generalmente son lámparas de mayor extensión y por tanto al distribuir su brillo en una superficie mayor disminuye la probabilidad de deslumbramiento, de hecho proporcionan la luminancia más baja que los otros tipos de lámparas. Poseen un espectro continuo por lo que su IRC es muy bueno (de 70 a 93). Tienen un arranque rápido, sin embargo su consumo fundamental se produce al encenderse por lo que no es recomendable utilizarlas por cortos y frecuentes periodos de tiempo.

Tipo de lámpara	Rendimiento luminoso (lum/w)	Potencia (w)	Vida media (horas)
Incandescente	10 a 15	15 a 15 000	1 000
Halógena	20	50 a 2 000	2 000
Fluorescente	60 a 80	15 a 250	5 000 a 7 500

Tabla 3-4. Valores del rendimiento luminoso, potencia y duración en los diferentes tipos de luz³⁶.

Consideraciones generales:

- A mayor contraste, mejor resulta la percepción y la rapidez para distinguir un objeto.
- La luminancia excesiva produce deslumbramiento, mientras que la escasa reduce la visibilidad.
- Para que el ojo sea capaz de distinguir los detalles de las distintas tareas visuales las diferencias de luminancia entre los elementos que conforman el entorno (plano de trabajo, objetos, documentos, etc.) deben ser limitadas.
- Es necesario situar la fuente de luz, la superficie de trabajo y el usuario de tal manera que la luz reflejada no incida sobre los ojos.
- Una lámpara desnuda situada frente a un observador con un ángulo visual sobre la horizontal de 40° reduce por deslumbramiento directo la eficiencia visual del sujeto al 58%.
- En actividades de trabajo es recomendable la luz blanca lo más parecida posible a la luz de día, además de ser más saludable, de esta forma los objetos se verán con sus colores verdaderos.
- Para evitar el problema del brillo cuando se utiliza iluminación natural, se requiere emplear persianas o cortinas que permitan modular el paso de la luz, así como tomar en cuenta la posición del usuario respecto a las fuentes de luz.
- Es recomendable que la luz entre por arriba o desde un lado y ligeramente detrás de la persona para evitar sombras y disminuir brillos; si por el contrario, la luz entra de frente al usuario probablemente le provocará reflejos y deslumbramientos y si la luz proviene justo a su espalda, el mismo usuario provocará sombras sobre su plano de trabajo.

³⁶ Ibíd.

3.1.2 Diseño de sistemas de iluminación general: Método de los lúmenes

El método de los lúmenes³⁷: se centra básicamente en la siguiente expresión:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Donde:

ϕ = lúmenes por luminaria x cantidad de luminarias (lum)

E = nivel de iluminación requerido en los puestos de trabajo (lux)

S = superficie que es necesario iluminar y que cubre todo el local (m²)

Sin embargo, ya que no todos los lúmenes que emite una lámpara llegan al plano de trabajo, es necesario considerar tres valores más:

Coeficiente de utilización (CU): porcentaje del flujo luminoso que llega al plano de trabajo. Depende del tipo de luminaria, de la distancia de la fuente al plano de trabajo, la geometría del local y las reflexiones del techo y paredes. El CU es proporcionado por los fabricantes de luminarias.

Factor de mantenimiento (FM): se refiere a la cantidad de luz que emite la fuente considerando la pérdida de eficiencia por presencia de suciedad en la luminaria aunado al desgaste normal del elemento. Generalmente el FM se clasifica en bueno (0.7 – 0.8), regular (0.6 – 0.7) o malo (0.5 – 0.6), dependiendo el mantenimiento que se les dé o si las luminarias se ubican en un lugar muy sucio como pudiera ser una zona industrial o en otro libre de polvo como una oficina con aseo regular.

Relación del local (RL): es una expresión de la geometría del local y se emplea para determinar el CU de la luminaria según las tablas del fabricante. La RL para luminarias directas, semi-directas, directas-indirectas y general difusa se calcula con la siguiente ecuación:

$$RL = \frac{(A)(L)}{h(A + L)}$$

Donde:

A y L son el ancho y el largo del local (m).

h = altura del montaje: distancia del plano de trabajo hasta la luminaria instalada.

Mientras que para luminarias semi-indirectas e indirectas:

$$RL = \frac{3(A)(L)}{2h(A + L)}$$

Donde:

A y L son el ancho y el largo del local (m).

³⁷ Barrau, Blasco, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo**. Alfaomega, 2a. edición, 2001.

h = distancia desde el plano de trabajo hasta el techo.

El cálculo de la RL generará un valor numérico denominado índice del local (K), con este valor y con los coeficientes de reflexión de techo, muros y piso, así como el tipo de luminaria elegida se ubica el CU dentro de las tablas de valores proporcionadas por el fabricante (ver anexo C).

Finalmente la ecuación del nivel de iluminación E , al integrar los valores mencionados se expresa como sigue:

$$E = \frac{(\phi)(CU)(FM)}{S}$$

3.2 Color

El color posee un gran valor expresivo y es por lo tanto un medio conductor de sensaciones, emociones, sentimientos y deseos, es un elemento que interviene en la calidad y cualidad del entorno humano sea aplicado al ambiente, a su indumentaria o a los productos. Aunque los conocimientos del color no son una ciencia exacta, es posible determinar la influencia que tiene sobre las personas y su percepción del medio que las rodea, de hecho, el color es un factor funcional y estético al que las personas responden de manera consciente e incluso inconsciente.

La aplicación del color en los puestos de trabajo responde a la necesidad de manipularlo como un factor funcional que impacte positivamente en el usuario haciendo su labor más agradable y ergonómicamente más adecuada.

Para que lo anterior suceda, en la elección de los colores a emplear se deben considerar al menos tres factores³⁸:

- La iluminación: el tipo de iluminación afecta la percepción del color, del mismo modo, el color de las superficies iluminadas puede afectar la calidad del sistema de iluminación, al provocar efectos como reflejos, brillos, percepción del color de la luz, entre otros.
- El emplazamiento: el color debe crear una impresión que complemente la actividad desarrollada en un área determinada. El color debe estar en armonía con el entorno.
- La seguridad: debido a que el color tiene la capacidad de atraer la atención sobre ciertos detalles específicos, la aplicación del color debe emplearse como un sistema de señalización de riesgos, así como una guía sobre lineamientos a seguir.

En particular, al relacionar el color con la iluminación, es importante equilibrar los contrastes de colores así como la luminancia de los focos de luz con la reflectancia de los colores. Las tablas 3-5 y 3-6 permiten establecer que colores son convenientes para determinado elemento de acuerdo a su factor de reflexión.

³⁸ De Pedro. Op.cit.

Color	Factor de reflexión
Blanco	0.70 - 0.85
Azul claro	0.40 - 0.55
Azul oscuro	0.05 - 0.25
Verde claro	0.45 - 0.65
Verde oscuro	0.10 - 0.20
Crema, amarillo claro	0.65 - 0.70
Rosa	0.45 - 0.55
Rojo	0.10 - 0.20
Gris claro	0.40 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20

Tabla 3-5. Factores de reflexión en colores más comunes³⁹.

Elemento	Factor de reflexión
Techos	0.70 - 0.95
Paredes	0.30 - 0.80
Muebles, equipo	0.25 - 0.50
Suelos	0.20 - 0.40

Tabla 3-6. Rangos adecuados de factores de reflexión⁴⁰.

Finalmente, aunque las sensaciones que provoca cada color cambian dependiendo de la edad, el sexo y la cultura, es posible determinar ciertas cualidades generales que permiten una mejor elección del color de acuerdo al tipo de actividades a desarrollar⁴¹:

- Colores cálidos (rojo, naranja, amarillo): atraen la atención, excitan, promueven alegría, estimulan la acción. Parecen más cercanos, los espacios se perciben más pequeños.
- Colores fríos (azul, violeta, verde): colores relajantes, tranquilizadores, impulsan la concentración. Son útiles en zonas de producción. Parecen más lejanos, los espacios se perciben más amplios.
- Colores ligeros (claros, blanquecinos, pastel): provocan que los objetos se perciban más ligeros, los espacios más amplios. Reflejan más luz que los tonos oscuros. Sirven especialmente para locales pequeños y espacios mal iluminados.
- Colores oscuros (tonos grises, negro): los objetos parecen más pesados, absorben luz. El espacio parece más pequeño y el entorno más estrecho. Una larga exposición crea monotonía y depresión. En superficies de trabajo dificultan identificar objetos que no sean contrastantes.
- Blanco: color puro, denota limpieza, refleja más luz que cualquier otro. Aplicable en todos los techos y estructuras elevadas y en habitaciones donde se necesita una máxima reflexión de la luz.

³⁹ Ibíd.

⁴⁰ Ibíd.

⁴¹ Ibíd.

3.3 Consideraciones de diseño para estaciones de computadoras personales

El diseño de estaciones para computadoras personales de escritorio debe considerar 10 aspectos básicos⁴²:

1. Si el uso de la computadora será compartido por más de una persona, el mobiliario debe adaptarse a los diferentes parámetros antropométricos del grupo de usuarios al que va dirigido.
2. En caso de que el uso se prolongue por más de 4 horas al día, las consideraciones ergonómicas especialmente en el manejo de mouse y teclado requieren implementaciones especiales de diseño para asegurar buenas condiciones de trabajo.
3. La silla debe permitir asumir posturas cómodas, teniendo preferente ángulos de inclinación y altura ajustables tanto en el asiento como en el respaldo. El uso de descansabrazos no es necesario a menos que la persona pase sentada varias horas y requiera colocar sus brazos para descansar, de lo contrario resulta en la mayoría de los casos un obstáculo en la captura de datos.
4. El monitor debe ubicarse directamente frente al rostro del usuario, con una inclinación de 18° respecto a la vertical y a una altura en la que el borde superior de la pantalla se encuentre al mismo nivel que la línea de visión normal sentado.

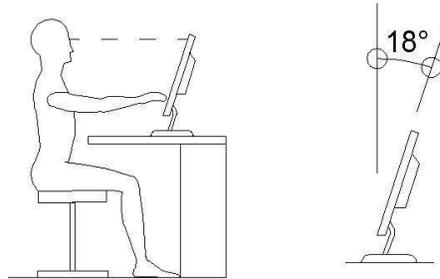


Figura 3-4. Distancia entre el usuario y el monitor, altura e inclinación de la pantalla.

5. La distancia entre el monitor y el usuario debe ser aquella en la que el usuario con la espalda recta estire su brazo y pueda tocar la pantalla con la punta de los dedos.

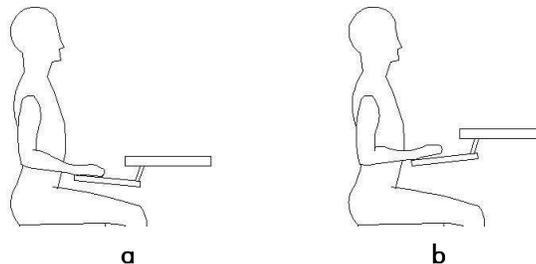


Figura 3-5. Altura e inclinación correcta (a) e incorrecta (b) del teclado.

6. El teclado debe ubicarse a una altura menor que la altura del codo sentado permitiendo con ello que entre el brazo y el antebrazo no se forme un ángulo menor a 90° .

⁴² Ergonomic Guidelines for arranging a Computer Workstation. <http://ergo.human.cornell.edu>

7. La inclinación del teclado debe preferentemente ser negativa y no positiva (hacia arriba) como comúnmente se maneja, para asegurar que las muñecas no se flexionen hacia arriba ni hacia abajo sino que mantenga una postura natural.
8. Mientras se manipula el mouse, el brazo debe encontrarse relajado y lo más cercano posible al cuerpo, con la muñeca en posición neutral, es decir no flexionada hacia algún lado.
9. En situaciones en que el uso del mouse es constante y prolongado, es necesario contar con una plataforma ajustable que se encuentre ubicada sobre la altura del teclado y justo al lado de éste. De lo contrario resulta suficiente con ubicar el mouse a la misma altura del teclado.
10. Es necesario verificar que ninguna fuente de luz provoque reflejos o brillos en la pantalla del monitor.

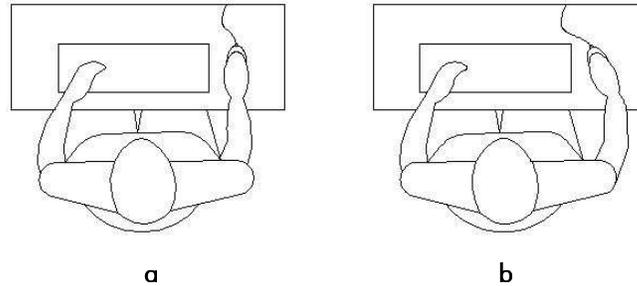


Figura 3-6. Manipulación correcta (a) e incorrecta (b) del mouse.

3.4 Preferencias de los usuarios en cuanto a atributos sensoriales.

Tomando como referencia el estudio que hace la Doctora Deyanira Bedolla se ha llegado a las siguientes consideraciones⁴³.

El grado de aceptación de un individuo hacia un objeto depende en un nivel primario, directamente de los diferentes efectos emocionales y psicológicos que éste le genera a través de sus atributos sensoriales. En un nivel secundario, el usuario continuará evaluando el objeto a través de procesos más complejos, como lo son el análisis de la función del objeto y la satisfacción de la necesidad del usuario.

Por tanto, con la intención de que el usuario se identifique con el producto, los objetos deben orientarse a los gustos particulares del grupo de individuos al que van dirigidos. En este caso, los usuarios del LEA, son en su mayoría adolescentes en un rango de edad de 18 a 21 años, de ambos sexos y pertenecientes principalmente a las clases sociales baja y media; de este modo, las preferencias de los usuarios se determinarán analizando las características de edad y clase social descartando su sexo, ya que no interesa dirigir el diseño hacia algún género en particular.

En la etapa de la adolescencia, el aspecto afectivo emocional cobra vital importancia en las preferencias de los individuos, de esta manera, los adolescentes experimentan una acentuada búsqueda de estima, pertenencia, integración, reafirmación y estatus, además de la también acentuada búsqueda por el placer, el goce y el entretenimiento, valores propios de la época postmoderna en que

⁴³ Bedolla, Deyanira: **Diseño sensorial. Las nuevas pautas para la innovación, especialización y personalización del producto.** Tesis para obtener el grado de doctor por la UPC, Barcelona, 2002.

vivimos. Por lo anterior, se deduce que la interpretación que hacen los adolescentes de los productos principalmente es de tipo sociocultural, dejando en cierta manera el valor funcional en un plano secundario respecto al valor simbólico. De este modo, los individuos resultan especialmente sensibles a lo visual, a lo inmediatamente perceptible.

Para los adolescentes, la aplicación de los atributos sensoriales en un objeto es significativamente importante porque:

- Es un elemento que permite aplicar o generar novedad.
- Elemento que otorga un carácter contemporáneo, actual, moderno.
- Elemento que otorga un carácter juvenil y dinámico.
- Elemento que en si mismo otorga placer, diversión, entretenimiento e interés.

Debido a que en el mobiliario de trabajo del LEA intervienen primordialmente elementos sensoriales relacionados con la visión y el tacto, las preferencias de los usuarios a considerar son las siguientes:

- Forma: formas con asociaciones específicas de género. Dos tendencias formales marcadas: tradicionales geométricas, o asimétricas, no comunes, con factores tensionantes, poliformas complejas. Mezcla de tendencias opuestas. Sistemas formales: la asimetría permite el encuentro entre artificial y natural, orden y desorden, complejo y simple.
- Color: elemento significativo para aportar novedad. Tendencias opuestas y sus mezclas, colores introvertidos con efectos particulares, colores con connotaciones tecnológicas y de cierto status, combinaciones no comunes. Colores de prestigio blanco, negro, oro, plata. Combinaciones: contraste simultáneo, combinación de colores complementarios.
- Textura: en el sentido emocional-afectivo texturas y consistencias que permiten experimentar placer y confort: superficies lisas, porosas, suaves y flexibles. En el sentido connotativo: que otorguen novedad, diferencia, que hagan resaltar.
- Atributos decorativos: dos tendencias marcadas: mediativas y radicales: orgánicas y figurativas, tecnológicas o psicodelias, *kitsch*, artificialidad. Mezcla de tendencias. Tendencia marcada hacia la novedad y complejidad.

Finalmente, al analizar las preferencias de los usuarios de acuerdo a su clase social, se concluye que éstas convergen en un objetivo central: la mejora en su nivel de vida que genere un mayor estatus. Así, haciendo referencia a las características del grupo de usuarios de estudio, la mejora en el nivel de vida, se traduce en que los alumnos experimenten confort en su área de trabajo y puedan concentrar su atención en sus actividades mientras las realizan de manera armónica. En cuanto a la búsqueda de estatus, ésta se refiere a una identificación del individuo con la carrera profesional que estudia, es decir, que el ambiente de trabajo en que se desenvuelve le reafirme su condición de estudiante de ingeniería, específicamente en una carrera con alto sentido tecnológico.

3.5 Medidas antropométricas

Para lograr una adaptación ergonómica del usuario a su entorno, el tamaño y las dimensiones del cuerpo humano, son los factores humanos más importantes. Por tanto, el diseño de espacios y objetos requiere basarse en medidas antropométricas del grupo de usuarios en específico al que va dirigido.

Como la tarea de adaptar antropométricamente un mismo objeto o espacio a cada individuo es muy complejo e incluso puede dar como resultado un diseño poco funcional o eficiente, se busca tomar el percentil más adecuado que permita que la mayor parte de la población se sienta cómoda mientras realiza determinada actividad en la que se involucra el objeto de diseño.

De este modo, para el presente proyecto se determinó emplear medidas antropométricas de la población de la Ciudad de México, específicamente del grupo de usuarios de 19 a 22 años, tales resultados fueron obtenidos por el Dr. Enrique Bonilla Rodríguez en la Universidad Autónoma Metropolitana⁴⁴. Lo anterior, debido a que las características físicas de la población de la Ciudad de México son similares a las de la población usuaria del LEA.

La propuesta de diseño se hará tomando en cuenta los percentiles medio, máximo y mínimo, dependiendo del elemento a definir.

Considerando el tipo de puesto de trabajo analizado en el LEA, las medidas antropométricas más importantes y determinantes en el diseño de mobiliario, son⁴⁵:

- Alcance frontal máximo del brazo: distancia horizontal de la superficie posterior del hombro derecho hasta el tope del dedo medio.
- Alcance funcional frontal del antebrazo: distancia horizontal desde la depresión de la unión del brazo con el antebrazo hasta la muñeca.
- Altura de codo: distancia vertical desde el suelo hasta la depresión que forma la unión del brazo y el antebrazo. El sujeto de pie.
- Altura de codo sentado: distancia vertical desde el suelo hasta la depresión que forma la unión del brazo y el antebrazo. El sujeto sentado.
- Altura de visión: distancia vertical del piso al pliegue ocular interno o a la pupila. El sujeto de pie, erguido y con la vista al frente.
- Altura del hombro al piso (sentado): distancia vertical medida desde el piso hasta un punto equidistante del cuello y el acromión.
- Altura poplítea: distancia vertical medida desde el suelo hasta el punto más alto de la depresión poplítea.
- Altura sentado: distancia vertical del piso al tope de la cabeza.

⁴⁴ Bonilla, E.: **La técnica antropométrica aplicada al diseño industrial. Antropometría de población de la ciudad de México.** UAM - Unidad Xochimilco, División de ciencias y artes para el diseño, México 1993.

⁴⁵ Panero, Julius y Zelnik, Martin: **Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos.** GG Diseño 9ª. Edición, México 2001.

- Ancho de cadera sentado: distancia que cruza la cadera, sobre los lados externos de los glúteos, cuando el sujeto está sentado.
- Ancho de tórax: distancia horizontal del ancho del tórax medido en la zona más externa de los pechos donde se encuentran con los brazos.
- Ancho total del cuerpo: medida de la máxima anchura del cuerpo, incluyendo los brazos en posición firmes con los brazos relajados hacia los lados.
- Distancia glúteo – rodilla sentado: distancia horizontal del punto más exterior de los glúteos a la hasta la cara frontal de la rótula.
- Distancia glúteo – poplíteo sentado: distancia horizontal del punto más exterior de los glúteos a la parte posterior de la rodilla (hueco poplíteo).
- Estatura con zapatos: distancia vertical del piso al punto más alto de la cabeza (vértex).
- Holgura del muslo sentado: distancia vertical de la superficie del asiento al tope del muslo en la intersección con el abdomen. Con el sujeto sentado erguido y con las piernas en ángulo recto.
- Línea de visión normal sentado: distancia vertical del piso al pliegue ocular interno o a la pupila. El sujeto sentado erguido y con la vista al frente.
- Profundidad normal del cuerpo: distancia horizontal que existe entre el punto más anterior y más posterior del cuerpo.
- Rotación de cuello: amplitud del movimiento de la cabeza, en el plano vertical, es decir, levantando y bajando la cabeza por medio de la flexión del cuello.
- Rotación máxima inferior de ojos: amplitud del campo visual en el plano vertical, es decir, viendo hacia abajo manteniendo la cabeza estática.

	Medidas	Percentiles (mm)		
		5	50	95
1	Alcance frontal máximo del brazo	637	723	808
2	Alcance funcional frontal del antebrazo	142	228	314
3	Altura de codo	925	1039	1154
4	Altura de codo sentado	582	634	687
5	Altura de visión	1375	1532	1688
6	Altura del hombro al piso (sentado)	909	984	1058
7	Altura poplítea	385	404	443
8	Altura sentado	1193	1265	1337
9	Ancho de cadera sentado	309	364	419
10	Ancho de tórax	277	333	389
11	Ancho total del cuerpo	376	448	521
12	Distancia glúteo – rodilla sentado	535	581	627
13	Distancia glúteo – poplíteo sentado	405	456	507
14	Estatura con zapatos	1510	1667	1825
15	Holgura del muslo sentado	92	134	182
16	Línea de visión normal sentado	1084	1151	1194
17	Profundidad normal del cuerpo	228	290	353
18	Rotación de cuello*	30	30	30
19	Rotación max inferior de ojos *	35	35	35

*Acotación en grados

Tabla 3-7. Medidas antropométricas⁴⁶.

Tales medidas antropométricas serán retomadas más adelante, al momento de realizar la propuesta de diseño.

⁴⁶ Bonilla. Op.cit.

3.6 Estudio de mercado

El estudio de mercado se divide en dos partes, análisis de las mesas de trabajo y análisis de las sillas de trabajo. A su vez, el análisis de las mesas de trabajo se divide en el análisis de las estaciones de trabajo comerciales y en el análisis de las mesas de trabajo instaladas en laboratorios de electrónica de otras universidades e instituciones.

El objetivo del estudio del mercado es identificar deficiencias en los productos analizados para evitar que existan en la propuesta de diseño final, así como retomar aquellos elementos que se ajustan a los requerimientos establecidos y que su aplicación en faciliten la solución buscada.

Particularmente en el estudio de mercado de las sillas el objetivo es determinar si algún modelo existente actualmente en el mercado satisface los requerimientos de diseño de este elemento, o si de lo contrario es necesario diseñar una silla especial para el LEA.

3.6.1 Análisis de las mesas de trabajo

La Tabla 3-8 muestra cuatro mesas de trabajo comerciales de las firmas Global Industrial, GBP Ergonomics LTD, Pro-Line y Wold respectivamente, asimismo se describen sus principales características.

Fabricante: Global Industrial, modelo 579163



Fuente: Global industrial

- Estación de trabajo electrónico profesional.
- Dimensiones: 1.52m x 0.76m x 0.86m
- Materiales: estructura de acero y cubierta de plástico laminado (no conductor) de 1 3/4" de espesor o cubierta laminada antiestática de 1 1/4".
- Componentes: estante inferior de 23cm de profundidad.
- Rango de 105 a 109 ohms por centímetro cuadrado.

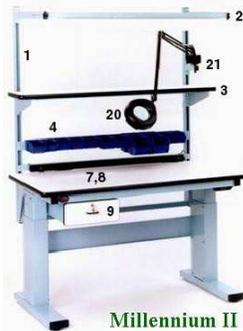
Fabricante: GBP Ergonomics LTD, modelo Dual Column Crank



Fuente: GBP Ergonomics

- Estación de trabajo electrónico profesional.
 - Dimensiones: 1.50m x 0.70m.
 - Altura regulable de 0.65m a 1.05m.
 - Materiales: estructura de aluminio y cubierta de plástico laminado de 2cm de espesor.
 - Componentes:
 - Postes y barras con perforaciones y abrazaderas metálicas como soporte para accesorios.
 - Extensiones giratorias con soporte para accesorios.
 - Paneles de energía e iluminación.
 - Charolas/archiveros móviles.
 - Soporte horizontal acanalado para contenedores.
 - Soporte para pies, con superficie de goma.
-

Fabricante: Pro-Line, modelo Millennium II



Fuente: Pro-Line

- Estación de trabajo electrónico profesional.
- Dimensiones: 1.52m x 0.76m.
- Altura regulable de 0.77m a 1.18m.
- Materiales: estructura de acero y cubierta de plástico laminado de 1 3/4" de espesor.
- Componentes:
 - Motor y caja de control para regular la altura.
 - Soportes verticales para accesorios.
 - Lámpara tubular (lineal).
 - Repisas con cubierta plástica.
 - Soporte horizontal acanalado para contenedores.
 - Contactos y tomacorriente.
 - Cajón.
 - Lámpara con lupa, con soporte flexible

Distribuidor: Wold, muebles para laboratorio



Fuente: Wold

- Estación de trabajo electrónico profesional. Módulos laterales cada uno para 4 personas y módulo central para 8 personas.
- Dimensiones: 2.40m x 0.70m x 1.80m (módulo lateral)
- Materiales: Estructura de tubo cuadrado de 32mm de acero al carbón calibre 18, gabinetes fabricados en lámina de acero al carbón calibre 20, con aplicación de pintura electrostática en polvo epoxi-poliéster, endurecida en horno. Cubierta de trabajo y dos repisas de madera con recubrimiento de laminado plástico (formica).
- Componentes:
 - Soporte para accesorios de altura graduable con sistema de cremallera.
 - Gabinete en la parte inferior con cajón tipo lapicero y puerta.
 - Barra con 10 contactos monofásicos polarizados.
 - Barra descansapiés de acero inoxidable.
 - Paneles de iluminación.

Tabla 3-8. Ejemplos de estaciones de trabajo de electrónica comerciales.

Conclusiones del análisis de las estaciones de trabajo electrónico comerciales:

- En general, el diseño de las estaciones de trabajo consiste en formas muy sencillas y geométricas, ya que de este modo, el mobiliario adquiere mayor capacidad para agregar diferentes accesorios. Predominan los colores claros, aunque existe el inconveniente de tener reflejos y brillos provocados por una iluminación directa en el plano de trabajo cuando la superficie es blanca, como en el caso de la estación Millennium II.
- El empleo de soportes metálicos de acero y aluminio son importantes para brindar estabilidad y durabilidad al mobiliario. En este caso, el acero resulta una mejor opción.
- Las cubiertas de plástico laminado se adecuan al tipo de actividades realizadas en la mesa de trabajo, siendo un material de alta durabilidad y resistencia al desgaste por fricción e impactos de poca intensidad. Si las estaciones contemplaran alguna sección que tenga un material resistente a las quemaduras por soldadura, se aumentaría la durabilidad de la cubierta.

- Los sistemas de unión, son básicamente ensambles y unión por soldadura.
- En los tres primeros casos, cada estación está pensada para el trabajo de un solo usuario, pensar en el trabajo de dos o más usuarios sería incómodo tomando en cuenta la posición de los cajones y gavetas, así como la ubicación y dimensión del soporte para pies como en el caso del modelo Dual Column Crack.
- En el modelo distribuido por Wold, los tres módulos del mobiliario están diseñados para las actividades de 16 personas como máximo, y debido a las dimensiones del mobiliario en conjunto, requieren un espacio amplio para permitir circulaciones con dimensiones aceptables.
- La existencia de accesorios para almacenar herramienta, lámparas móviles y soporte para pies, incrementan la funcionalidad del mobiliario.
- Las estaciones de trabajo están diseñadas en base a medidas antropométricas de la población de Estados Unidos, aunque esto significaría un inconveniente para adaptarlo a grupos de usuarios de otra nacionalidad, los modelos que permiten regular la altura de los bancos, compensan esta diferencia en antropometría.
- En cuanto a seguridad, aquellos modelos que tienen cubiertas antiestáticas y no conductoras brindan mayor seguridad al usuario. Sin embargo, el mobiliario al tener una estructura metálica puede provocar pequeñas lesiones causadas por las terminaciones angulosas en los extremos del mobiliario, así como en los cajones y gavetas.

A continuación se muestran tres ejemplos de mobiliario de trabajo en Instituciones de investigación y educación a nivel superior.

Institución: Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (Granadilla, España)



Fuente: Instituto Tecnológico y de Energías Renovables

- Descripción: Laboratorio de electrónica analógica y digital, equipado para el diseño y desarrollo de prototipos y sistemas electrónicos, con fines de investigación, no académicos.
- Características generales: Puestos de trabajo diseñados para un usuario. Equipado con instrumental electrónico como osciloscopios, generadores de funciones, fuentes de alimentación, tester, trazadores de curvas, terminales de soldadura y computadoras, principalmente.
- Características del mobiliario: Mobiliario fijo, de dos vistas, con cajones y una repisa superior. La disposición del mobiliario ocupa todo el local, generando circulaciones laterales y entre módulo y módulo. Se utilizan sillas de trabajo altas y giratorias, de altura regulable y con asientos y respaldo acojinados.

Institución: Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Argentina)



Fuente: Universidad Nacional del Sur

- Descripción: Laboratorio de Electrónica destinado al desarrollo de prácticas académicas y de investigación de alumnos de Ingeniería en Electrónica.
- Características generales: Diez puestos de trabajo con capacidad para dos personas cada uno. Equipado con instrumental electrónico como osciloscopios, generadores de funciones, fuentes de alimentación, tester, y trazadores de curvas principalmente.
- Características del mobiliario: Mobiliario fijo, de una sola vista, cuenta con una repisa superior específicamente para equipo electrónico de medición. El mobiliario se distribuye a lo largo de los paños, generando la circulación al centro del local. Se utilizan sillas de trabajo altas, fijas y con una altura determinada, construidas en madera y estructura tubular metálica. Cada puesto de trabajo cuenta con iluminación directa al plano de trabajo.

Institución: Centro Politécnico Superior (Zaragoza, España)



Fuente: Centro Politécnico Superior

- Descripción: Laboratorio B/S/H Electrodomésticos de Electrónica de Potencia, dedicado en especial al desarrollo de tecnologías de inducción. Destinado al desarrollo de prácticas académicas y de investigación de alumnos de Ingeniería en Electrónica.
- Características generales: Cuenta con 24 puestos de trabajo con capacidad de trabajo para dos personas cada uno. Equipado con instrumental electrónico como osciloscopio, generador de funciones y fuente de alimentación.
- Características del mobiliario: Mobiliario no fijo, de dos vistas, cuenta con una repisa superior específicamente para equipo electrónico de medición. El mobiliario se distribuye al centro del local, generando circulaciones laterales y entre cada módulo de mobiliario. Se utilizan sillas de trabajo construidas en madera y estructura tubular metálica.

Tabla 3-9. Ejemplos de laboratorios de electrónica en instituciones.

Conclusiones del análisis de los laboratorios de electrónica en instituciones:

- En los tres ejemplos analizados el diseño del mobiliario de trabajo consiste en formas sencillas y geométricas, con el menor número de elementos posible. A diferencia de las estaciones de trabajo comerciales, carecen de accesorios.
- Predominan los colores claros, lo cual permite identificar con mayor facilidad herramientas y componentes pequeños, que sobre superficies oscuras serían menos visibles. En dos de los laboratorios, al no tener iluminación directa al plano de trabajo, no hay problema con reflejos y brillos, sin embargo, es posible que en la práctica la iluminación del espacio no sea suficiente cuando se carece de luz natural y existan problemas con las sombras sobre el plano de trabajo.
- En la construcción del mobiliario se emplea principalmente estructura metálica y las superficies están cubiertas con tableros aglomerados o laminados.
- A excepción del primer laboratorio presentado, las mesas de trabajo no cuentan con áreas destinadas al almacenaje de herramientas, pues esta función la cubren estantes distribuidos en el resto del espacio.

- En cuanto a la ergonomía de los puestos de trabajo, parece que las alturas de las mesas y sillas están bien acopladas y el área de trabajo resulta suficiente para el número de usuarios que contempla, aunque se presenta el inconveniente de que las sillas de trabajo en dos de los laboratorios carecen de acojinamiento. Por otra parte, las mesas no cuentan con superficies salientes o estorbosas que pudieran provocar lesiones, en este sentido, sólo existen las esquinas de las mesas que terminan en ángulo recto.
- En el caso del laboratorio del Centro Politécnico Superior, existe un problema de visibilidad hacia el pizarrón, puesto que se encuentra ubicado al frente y las repisas superiores de cada mesa, impiden que los usuarios accedan visualmente a éste.

3.6.2 Análisis de las sillas de trabajo

El diseño y selección de un asiento efectivo no es un problema de fácil solución, ya que las características de un asiento que para un individuo resultan satisfactorias, pueden ser muy diferentes para otro. De ahí surge que el asiento ideal es aquel en que la persona deja de prestar atención al asiento y a su postura⁴⁷.

Actualmente existe una innumerable variedad en diseños de sillas denominadas “ergonómicas”, resultado del estudio de muchos especialistas y compañías que se han enfocado al estudio de este problema a lo largo del tiempo. Por lo tanto, antes de elegir los modelos de sillas que serían analizados en este estudio de mercado, se recopiló información sobre aspectos ergonómicos que deben considerarse al elegir una silla de trabajo. La información que se presenta a continuación, establece parámetros que servirán para evaluar cada modelo elegido y así determinar si alguna silla se adecua a los requerimientos de diseño establecidos anteriormente.

El propósito de sentarse es proporcionar un soporte estable al cuerpo en una postura confortable, mientras se relajan los músculos de los miembros inferiores y la columna vertebral no tiene que soportar por sí misma la mayor parte del peso del cuerpo, así, el objetivo del asiento es dar estabilidad y soporte al cuerpo a lo largo de un periodo de tiempo.

Al estar sentado, la mayor parte de la masa corporal, casi un 75% se transmite a la superficie de soporte proporcionado por las tuberosidades isquiales y tejidos suaves que las rodean, aunque también una parte del peso se transmite al suelo por el soporte de los pies, al respaldo de la silla, a los apoyos para los brazos o a la superficie de trabajo⁴⁸.

Al sentarse, se flexionan las piernas formando un ángulo de 90° en las rodillas y se forma otro ángulo de 90° entre las piernas y el tronco, sin embargo, el adoptar esta posición supone una modificación forzada en la cadera y columna vertebral que genera elevados grados de presión en los discos intervertebrales de la zona lumbar para formar el ángulo recto que se requiere entre las piernas y el tronco. Es por esto, que se debe considerar que cualquier asiento resulta incómodo tras cierto tiempo, además que mantener una misma postura por largos periodos de tiempo provoca fatiga y resulta perjudicial para el usuario.

⁴⁷ Osborne, David: **Ergonomía en acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre.** Trillas, México 2001.

⁴⁸ *Ibíd.*

Capítulo 3

El primer aspecto para elegir un asiento adecuado, es considerar el tipo de tarea a realizar, debido a que la silla debe permitir cubrir los rangos de movimientos requeridos por la tarea sin imponer restricciones que puedan provocar lesiones o afecten el desempeño del usuario.

El segundo paso a considerar implicaría realizar un estudio antropométrico de los usuarios potenciales, tomando en cuenta que si un mismo asiento es utilizado por varias personas, lo ideal es permitir el ajuste en todo el rango requerido de las dimensiones para adaptarse en lo posible a la antropometría de todos los usuarios.

Posteriormente es necesario observar que cada elemento del asiento cumpla con las siguientes consideraciones:

- Ancho del asiento: es la distancia entre los bordes laterales de la silla, debe permitir a los usuarios sentarse cómodamente, de tal forma que sea un poco más ancho que las caderas y piernas, pero no ser tan ancho que provoque que los antebrazos no puedan apoyarse en forma cómoda en el apoyo para estos.
- Profundidad del asiento: es la distancia horizontal de borde a borde tomando la silla de frente. Esta distancia debe permitir a los usuarios alcanzar el respaldo y obtener de éste el apoyo necesario, también debe proporcionar apoyo suficiente para los muslos y al mismo tiempo no imponer una presión excesiva a la parte trasera de la rodilla. Cuando la profundidad del asiento es excesiva también resulta más difícil pararse y sentarse, mientras que los asientos poco profundos resultan incómodos para las personas altas. Para evitar la presión detrás de las rodillas es conveniente mantener una distancia de 2 a 7cm. entre éstas y el asiento.

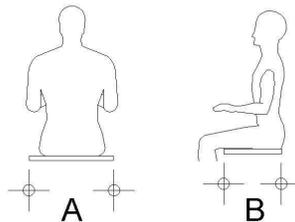


Figura 3-7. Ancho del asiento (A) y profundidad del asiento (B)

- Ángulo de inclinación del asiento: va desde la posición horizontal hacia atrás, es recomendable que se pueda regular entre 5 y 10° para ayudar a mantener una posición de trabajo equilibrada en la cual el asiento no empuje el cuerpo hacia delante, sino levemente hacia atrás brindando apoyo con el respaldo. La importancia de la inclinación del asiento se observa también en el hecho de prevenir que el individuo resbale del asiento al momento de modificar su postura, lo cual sucederá de manera natural debido al intento por mantenerse estable y variar la distribución de la presión ejercida por su propio peso, en las tuberosidades isquiales, glúteos y lumbares.
- Altura del asiento: es la distancia vertical entre el piso y el asiento, esta distancia debe permitir que los muslos del usuario queden en forma horizontal. Un asiento bajo provoca mayor presión en los glúteos y en el coxis, debido a que los muslos quedan inclinados hacia el cuerpo en lugar de permanecer horizontales, el usuario tiene dificultad para sentarse y pararse, y requiere de más espacio para las piernas. Por otra parte, un asiento demasiado alto provoca mayor presión detrás de las rodillas y los muslos y por tanto genera adormecimiento o hinchazón en los pies, debido a irregularidades en el riego sanguíneo.

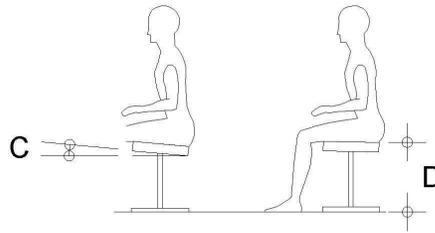


Figura 3-8. Ángulo de inclinación (C) y altura del asiento (D).

- Altura del respaldo: debido a que la curvatura de la columna varía de una persona a otra, la altura del respaldo no está definida, sin embargo para que el sacro y los glúteos que sobresalen del asiento puedan acomodarse, mientras la región lumbar se ajusta al respaldo, éste debería tener una parte abierta o retroceder por encima de la superficie de la silla. El respaldo debe permitir su ajuste para que se adapte lo mejor posible a la curva natural de la columna, proporcionando firme soporte a toda la columna vertebral y una ligera inclinación de aproximadamente 5° hacia atrás. La altura del respaldo responde a la necesidad que genera el tipo de tarea a realizar, por tanto los respaldos bajos y estrechos son mejores para tareas que requieren mayor movilidad del cuerpo, ya que así no interfieren con el movimiento de los brazos y por otra parte, los respaldos altos que dan soporte hasta la altura de los hombros son mejores para descansar.

Finalmente como complemento a las características básicas del asiento descritas anteriormente, la constitución de la silla debe comprender los siguientes aspectos⁴⁹:

- Contar con un asiento acojinado, firme y moldeado para adaptarse a la figura del usuario, proporcionando una distribución uniforme del peso sobre todo el asiento.
- Es conveniente que el material que conforma la silla permita una adecuada regulación térmica entre el cuerpo del usuario y las zonas del asiento que estén en contacto; si es que se encuentra cubierta con algún tejido, éste debe permitir el paso de humedad, evitar la acumulación de calor y ser fácil de limpiar.
- Evitar la existencia de bordes agudos o filosos, cuidando que los bordes de todos los elementos que componen el asiento sean redondeados.
- Cuando las sillas sean móviles, es necesario tener apoyo por lo menos en cinco puntos para proporcionar un apoyo estable y seguro y considerar que las sillas con base giratoria o con ruedas, permiten al usuario un mayor alcance y línea de visión sin que tenga que girar el cuerpo en forma incómoda.
- Las sillas con una base amplia proveen de gran estabilidad, sin embargo es importante cuidar que ésta no se convierta en un obstáculo para la circulación.

Tomando en cuenta la información anterior y los requerimientos de diseño se eligieron cinco modelos diferentes de sillas de trabajo que aparentemente pueden cubrir las necesidades del LEA, a continuación se muestran los modelos con sus características correspondientes así como la empresa que los distribuye.

⁴⁹ Back designs Inc. <http://www.backdesigns.com/>

Distribuidor: Maq Tecnomuebles (Guadalajara, Jalisco)



Fuente: Maq Tecnomuebles

- Tipo: Silla industrial.
- Modelo: TEC 502C.
- Medidas: asiento 46cm A x 42cm L; respaldo 43cm A x 33cm L; altura asiento 56/81cm (disponible también en asiento bajo con altura de 41/52cm); altura descansapiés 33cm; altura total 106/131 cm; diámetro total 60cm.
- Ajuste de altura neumático, base giratoria, respaldo con ángulo de inclinación ajustable.
- Asiento y respaldo de poliuretano compacto suave, sin tapiz ni acojinamiento.
- Estructura: Inserto de madera o Nylon.
- Base estrella de cinco puntas de nylon reforzadas, con aro metálico fijo, con opción de rodajas o regatones.

Distribuidor: Ergoform (Cuernavaca, Morelos)



Fuente: Ergoform

- Tipo: Silla industrial.
- Modelo: 1910 A.
- Medidas: asiento 46cm A x 42cm L; respaldo 43cm A x 33cm L; altura asiento 57/83cm (disponible también en asiento bajo con altura de 42/53cm); altura descansapiés 25cm; altura total 108/134cm; diámetro total 64cm.
- Ajuste de altura neumático, base giratoria, respaldo con altura y ángulo de inclinación ajustable.
- Asiento y respaldo de poliuretano compacto suave, sin tapiz ni acojinamiento.
- Estructura: Inserto de madera o Nylon.
- Base estrella de cinco puntas de nylon reforzadas, con aro metálico fijo, con opción de rodajas o regatones.

Distribuidor: Equilibrio Modular (México, D.F.)



Fuente: Equilibrio Modular

- Tipo: Silla operativa.
- Modelo: EQU:ORFIPO.
- Medidas: asiento 46cm A x 42cm L; respaldo 40cm A x 30cm L altura asiento 45/53cm; altura total 85/93cm.; diámetro total 65cm.
- Ajuste de altura con pistón de gas, respaldo fijo. Mecanismo basculante (el respaldo y el asiento se reclinan juntos) con bloqueo en posición vertical y regulador de tensión.
- Asiento y respaldo en polipropileno inyectado de alta densidad.
- Base giratoria de estrella de cinco puntas con aplicación de pintura epóxica color aluminio. Con rodajas.
- Acepta brazos fijos en polipropileno.
- Disponible en colores azul, gris, amarillo y rojo.

Distribuidor: Equilibrio Modular (México, D.F.)

- Tipo: Banco industrial
- Modelo: EQU: AL06A
- Medidas: asiento 36cm A x 36cm L; altura asiento 58/83cm (disponible también en banco bajo con altura de 41/52cm); altura descansapiés 33cm; altura total 69/94cm; diámetro total 55cm.
- Ajuste de altura neumático, base giratoria.
- Asiento de poliuretano compacto suave.
- Base estrella de cinco puntas de nylon reforzadas, con descansapiés de nylon, con opción de rodajas o regatones.

Fuente: Equilibrio Modular

Distribuidor: Muebles Ferrera (México, D.F.)

- Tipo: Banco industrial
- Modelo: 1915
- Medidas: asiento 38cm A x 33cm L; altura asiento 60/85cm.
- Ajuste de altura manual.
- Asiento de poliuretano, sin tapiz ni acojinamiento.
- Estructura: Inserto de madera o Nylon

Fuente: Muebles Ferrera

Tabla 3-10. Sillas y bancos de trabajo que pueden cubrir las necesidades del LEA.

La evaluación de las sillas de trabajo se realizará a través de la integración de una “matriz de resultados” (concept scoring matrix)⁵⁰, la cual tiene el objetivo de elegir un solo concepto después de analizar detalladamente todos los conceptos propuestos. Tal herramienta fue elegida debido a que permite llevar el proceso de evaluación de una forma sistemática, facilitando así la organización de la información y la obtención de resultados confiables.

El proceso a seguir para integrar la matriz de resultados es el siguiente:

1. Definir los criterios de selección.
2. Establecer el porcentaje del valor de cada criterio en el resultado final.
3. Asignar un puntaje a cada criterio evaluado según una escala de valores numéricos.
4. Calcular su valor en relación al porcentaje establecido.
5. Comparar los resultados finales para establecer la posición de cada modelo evaluado.

Los criterios de selección se han definido retomando los requerimientos de diseño antes establecidos, así como la información organizada en el diagrama de Ishikawa, se desglosan a continuación.

⁵⁰ Eppinger, Steven y Ulrich, Karl: **Product design and development**. Mc Graw Hill, USA 2000.

Requerimientos en cuanto a funcionalidad.

- Diseño acorde al tipo de actividad: es necesaria una silla de trabajo que permita al usuario el desarrollo de sus actividades académicas, esto implica que todos los elementos de la silla funcionen para que el usuario tome una postura de trabajo y no de descanso por ejemplo, en este sentido se analizan principalmente la forma, inclinación, altura y tamaño tanto del asiento como del respaldo, así como el acojinamiento y los materiales que conforman la silla.
- Es importante mencionar que se ha determinado que el plano de trabajo sea alto, ya que el usuario realizará actividades que demandan precisión manual, además de que necesitará en determinados momentos alternar posturas de pie y sentado, ya sea por descanso o bien por mejorar su alcance hacia el equipo de medición, por tanto es deseable que la silla de trabajo sea alta o bien que la regulación de su altura permita el alcance del plano de trabajo.
- Flexibilidad para el trabajo en equipo: la silla debe carecer de elementos estorbosos que limiten la cercanía de otros usuarios, como descansabrazos o base de la silla muy amplios.
- Libertad de movimiento para el usuario: se requiere que el usuario tenga suficiente espacio para maniobrar con sus extremidades superiores, principalmente cuando realiza actividades de ensamble y medición de circuitos, por tanto la existencia de descansabrazos no es adecuada. Por otra parte, una silla con rodajas ayuda al usuario a mejorar su alcance y facilita el cambio de posición que toma respecto a la mesa. Finalmente es deseable que el asiento sea giratorio para facilitar al usuario las acciones de sentarse y levantarse evitando en cierta medida recorrer la silla hacia dentro y fuera de la mesa, así como el alcance visual hacia el pizarrón en caso de que éste se encuentre de forma lateral y no frontal.
- Resistencia de los materiales: los elementos que integren la silla deben ser lo más resistentes posible al desgaste por el uso continuo, ser antiestáticos y brindar cierta resistencia a quemaduras.

Requerimientos ergonómicos.

- Dimensiones acordes a la antropometría del usuario: las medidas de la silla deben corresponder en lo posible a las características antropométricas del grupo de usuarios. Estas medidas se definirán en base a los datos descritos en la etapa de análisis de datos.
- Asiento y respaldo anatómicos: es importante que tanto el asiento como el respaldo permitan una postura correcta, que la superficie no sea dura y provoque cansancio, ni muy blanda que se deforme con el peso corporal y no ofrezca un firme soporte.
- Soporte lumbar: si bien es posible desarrollar las actividades en un banco sin respaldo, es preferible la existencia de un respaldo para permitir lapsos de descanso, sobre todo en jornadas largas de trabajo.
- Soporte en extremidades: en caso de que la silla sea alta es necesario que cuente con un apoyo para las extremidades inferiores.
- Capacidad de ajuste: ya que es poco probable que una misma silla sea adecuada para todos los usuarios debido a las diferencias antropométricas, es deseable que la silla tenga mecanismos que permitan el ajuste principalmente de alturas e inclinaciones en respaldo y asiento.
- Confort térmico: el material que cubre la superficie de la silla que está en contacto con el cuerpo, debe evitar la acumulación de calor y humedad.
- Requerimientos estéticos.

- Determinación de formas, texturas y colores considerando el grupo de usuarios al que va dirigido, así como la integración con el resto del mobiliario y la arquitectura del local que generen armonía del espacio en conjunto. Conceptos como tecnológico, actual, diferente y atractivo definen en este caso las preferencias en general de los usuarios, por tanto, se buscará que dichos conceptos queden explícitos en la apariencia de la silla.

A continuación se establece el porcentaje del valor de cada criterio en el resultado final. Para determinarlo, se ha retomado la prioridad de los requerimientos de diseño ya establecida.

Requerimientos en cuanto a funcionalidad: 50% en total

- Diseño acorde al tipo de actividad: 20%
- Flexibilidad para el trabajo en equipo: 10%
- Libertad de movimiento para el usuario: 10%
- Resistencia de los materiales: 10%

Requerimientos ergonómicos: 40% en total

- Dimensiones acordes a la antropometría del usuario: 15%
- Asiento y respaldo anatómicos: 5%
- Soporte lumbar: 5%
- Soporte en extremidades: 5%
- Capacidad de ajuste: 5%
- Confort térmico: 5%

Requerimientos estéticos: 10% en total

- Determinación de formas, texturas y colores: 10%

Con el objetivo de facilitar la integración de la matriz, se evaluará por separado las dimensiones de los diferentes modelos de sillas, para asignarles un puntaje (que se retomará en la matriz final) en función de que tanto se adecuan a las medidas antropométricas de los usuarios de los LEA.

Para ello se han definido las dimensiones deseables en cada elemento de la silla de trabajo, las cuales se muestran en la Tabla 3-11. Tales datos se compararán con las dimensiones de las sillas a evaluar contenidas en la Tabla 3-12.

Elemento	Dato antropométrico empleado	Criterio empleado para determinar la dimensión correcta	Dimensión correcta (cm.)	Rango aceptable de variación (cm.)
Altura del asiento	Altura poplítea	Percentil 5 (38.5cm) - la mayoría de los individuos podrán apoyar los pies sin sentir presión contra la cara interior del muslo. (para determinar la dimensión adecuada se han agregado 1.5cm considerando la suela del calzado)	40	38 – 40.5
Ancho del asiento	Ancho de cadera sentado	Percentil 95 (41.9cm) - asegura la holgura en la superficie del asiento para la mayoría de los usuarios.	42 o más	No menos de 40
Profundidad del asiento	Distancia glúteo - poplíteo	Percentil 5 (40.5cm) - la mayoría de los individuos podrán alcanzar el respaldo y apoyarse cómodamente en él.	40.5	38.5 - 42.5
Ancho del respaldo	Ancho tórax	Percentil 95 (38.9cm) - asegura la holgura en el ancho del respaldo para la mayoría de los usuarios.	39 o más	No menos de 37
Altura del respaldo*	Altura del hombro al piso y holgura del muslo sentado	Percentil 5 - asegura que el respaldo no quede por arriba de los hombros para la mayoría de los usuarios.	--	No más de 35
Ubicación del respaldo*	Holgura del muslo sentado	Percentil 50 (13.4cm) – se eligió la media para determinar una aproximación de la ubicación de la zona lumbar.	--	Más de 13

Tabla 3-11. Definición de las dimensiones convenientes de la silla de trabajo.

* Las medidas determinadas como apropiadas para la altura del respaldo y la altura a la que debe ubicarse respecto a la superficie del asiento, tienen solo el propósito de establecer un parámetro numérico como referencia para la evaluación de las sillas, y se basan en los siguientes criterios:

- El largo del respaldo se limita en la parte baja por la zona lumbar; en un sujeto sentado, esta zona comienza aproximadamente en la misma altura en que está dada la holgura del muslo, mientras tanto la altura del respaldo se limita en la parte superior por la altura de los hombros, como se señala en la Figura 3-9.



Figura 3-9. Dimensión adecuada del respaldo.

- La distancia entre el final del respaldo y el asiento debe ser mayor a la holgura de los muslos, por tanto, la ubicación del respaldo está basada en esta medida. Así, el respaldo se debe ubicar hacia arriba de la holgura del muslo, sin embargo no existe una medida exacta definida, debido a

que en cada persona el punto de apoyo de la región lumbar variará. El rango de medida en la Tabla 3-11 está dado de la superficie del asiento hacia arriba.

Elemento	Dimensiones en cm				
	A	B	C	D	E
Altura del asiento	23 - 48*	32 - 58*	45 - 53	25 - 50*	60 - 85
Ancho del asiento	46	46	46	36	38
Profundidad del asiento	42	42	42	36	33
Ancho del respaldo	43	43	45.5	--	--
Altura del respaldo	33	33	28.5	--	--
Distancia respaldo - asiento	17	18	12.5	--	--

*Debido a que son sillas altas, la altura del asiento se consideró del apoyo para pies a la superficie del asiento.

Tabla 3-12. Dimensiones de las sillas de trabajo.

Criterio de selección	Valor en %	A		B		C		Valor en % (para D y E)	D		E	
		Ptos.	Valor en %	Ptos.	Valor en %	Ptos.	Valor en %		Ptos.	Valor en %	Ptos.	Valor en %
Altura del asiento	2.5	2	2.5	2	2.5	1	1.25	5	2	5	2	5
Ancho del asiento	2.5	2	2.5	2	2.5	2	2.5	5	1*	2.5	1*	2.5
Profundidad del asiento	2.5	1	1.25	1	1.25	1	1.25	5	1*	2.5	1*	2.5
Ancho del respaldo	2.5	2	2.5	2	2.5	2	2.5	-	-	-	-	-
Altura del respaldo	2.5	2	2.5	2	2.5	2	2.5	-	-	-	-	-
Distancia respaldo - asiento	2.5	2	2.5	2	2.5	2	2.5	-	-	-	-	-
Total		-	13.75	-	13.75	-	12.5	-	-	10	-	10

* Debido a que el modelo D es un banco y E un punto de apoyo, se consideró que tanto en la profundidad y ancho del asiento las medidas son aceptables, sin embargo no se asignó el puntaje más alto ya que por el tipo de actividad es deseable que el asiento sea más grande para permitir que el peso se distribuya también en los muslos y no solo en las tuberosidades isquiales.

Tabla 3-13. Matriz de resultados para la evaluación de las medidas de las sillas.

Capítulo 3

Ya que el criterio de evaluación se enfoca a determinar si la silla corresponde a la antropometría de los usuarios, se decidió distribuir el valor en porcentaje de diferente forma, puesto que los bancos D y E no cuentan con respaldo, los criterios evaluados relacionados con éste no podrían recibir un valor y por tanto afectarían negativamente el resultado final. Corresponde al criterio de evaluación “diseño acorde al tipo de actividad”, verificar si la existencia del respaldo es o no necesario.

La Tabla 3-13 contiene los resultados de la evaluación de las dimensiones de las sillas; la columna del valor en % suma en total el 15% que se asignó al criterio en conjunto. Los puntos se establecen en una escala del 0 al 2, otorgándose 2 a una dimensión correcta, 1 a aquella que no es adecuada pero permanece dentro del rango aceptable y 0 a aquellas dimensiones que salen de dicho rango. Las columnas denominadas valor, muestran la equivalencia de los puntos obtenidos en proporción al valor en %.

	A		B		C		D		E		
											
Criterio de selección	Valor en %	Puntos	Valor en %	Puntos	Valor en %	Puntos	Valor en %	Puntos	Valor en %	Puntos	Valor en %
Diseño acorde al tipo de actividad	20	3	20	3	20	2	13.35	2	13.35	1	6.65
Flexibilidad para trabajo en equipo	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10
Libertad de movimiento	10	3	10	3	10	2	6.65	3	10	3	10
Resistencia de los materiales	10	2	6.65	2	6.65	2	6.65	3	10	2	6.65
Medidas acordes a la antropometría	15	-	13.75	-	13.75	-	12.5	-	10	-	10
Asiento y respaldo anatómicos	5	3	5	2	3.35	2	3.35	1	1.65	1	1.65
Soporte lumbar	5	3	5	3	5	3	5	0	0	0	0
Soporte en extremidades	5	3	5	3	5	3	5	3	5	2	3.35
Capacidad de ajuste	5	2	3.35	3	5	2	3.35	3	5	3	5
Confort térmico	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
Propiedades estéticas	10	3	10	2	6.65	3	10	3	10	3	10
Total	-	93.75	-	90.4	-	80.85	-	80	-	68.3	

Tabla 3-14. Matriz de resultados para las sillas de trabajo.

La Tabla 3-14 muestra la matriz de resultados final. Los puntos se establecen en una escala del 0 al 3, otorgándose 3 al modelo de silla que cumple satisfactoriamente con el criterio de selección, 2 a aquella que no cumple completamente con el criterio pero es aceptable, 1 a aquella que cumple sólo con algunos de los aspectos que comprende el criterio y por tanto no es completamente inadecuada y 0 a aquella que es incorrecta.

Conclusiones de la evaluación de los modelos de las sillas de trabajo:

- Modelo A: en los resultados de la matriz fue la silla con mayor porcentaje obtenido, por tanto es la que satisface en mayor medida los requerimientos de diseño antes planteados. Las desventajas que tuvo frente a otros modelos fueron principalmente que el poliuretano es menos resistente que el polipropileno a las quemaduras⁵¹ y que la altura del respaldo no es ajustable. Sin embargo, las quemaduras por cautín que pudieran suceder accidentalmente no son profundas y el polipropileno las absorbe sin mayor problema y por otra parte, debido a que cumple con los parámetros antropométricos establecidos para el respaldo, con permitir el ajuste del ángulo de inclinación es aceptable.
- Modelo B: obtuvo el segundo mejor puntaje, en general los aspectos que presentaron inconvenientes para su evaluación fueron que el borde frontal del asiento no está redondeando como en el caso de las sillas A y C y por tanto, al pasar al límite de la profundidad del asiento establecido, esto generaría problemas en la zona poplíteica y por otra parte, su imagen es estéticamente menos atractiva que los otros modelos debido a la carencia de texturas y superficies curvas.
- Modelo C: los aspectos negativos en su evaluación fueron importantes en la funcionalidad y ergonomía de la silla. Se consideró viable aumentar la altura del plano de trabajo para permitir la existencia de posturas de pie y sentado en las actividades del usuario, así que una silla baja, no se adecuaría a la altura de la mesa de trabajo. Por otra parte, el polipropileno como material de constitución de la silla se consideró ideal en cuanto a resistencia y durabilidad, pero en aspectos ergonómicos al carecer de acojinamiento y ser rígido, se prefirió el poliuretano.
- Modelo D: el principal inconveniente fue la ausencia de respaldo, por tanto, el banco se consideró aceptable para el desarrollo de las actividades del LEA, pero no efectivo tomando en cuenta que los periodos de trabajo son largos y el descanso lumbar resulta indispensable.
- Modelo E: al igual que el modelo E, la carencia de respaldo fue la mayor deficiencia, aunado a lo anterior, un punto de apoyo resulta eficiente en situaciones en las que el individuo alterna posturas de pie y sentado para ejecutar sus actividades, sin embargo cuando las jornadas de trabajo son largas, el cansancio en las piernas y pies es evidente, por lo cual se concluyó que un punto de apoyo no es factible para las actividades del LEA.

Como queda explícito en los resultados de la matriz, el modelo A es la silla que se tomará para la propuesta de diseño final.

⁵¹ IMPI: **Enciclopedia del plástico 2000**. Tomo 2, IMPI, México 2000.

Capítulo 4: Propuestas de diseño

4.1 Diseño de la distribución de mobiliario

El objetivo principal de la etapa de creatividad de la metodología de diseño es generar las posibles soluciones al problema planteado.

Para lograr tal propósito se retomó el análisis realizado en la etapa del diagrama de causa – efecto, con lo que se concluyó que antes de proponer el diseño de la mesa de trabajo era necesario establecer la distribución (*layout*) dentro del laboratorio.

Como primer elemento, se encuentra el espacio arquitectónico, a continuación se muestra el croquis del LEA.

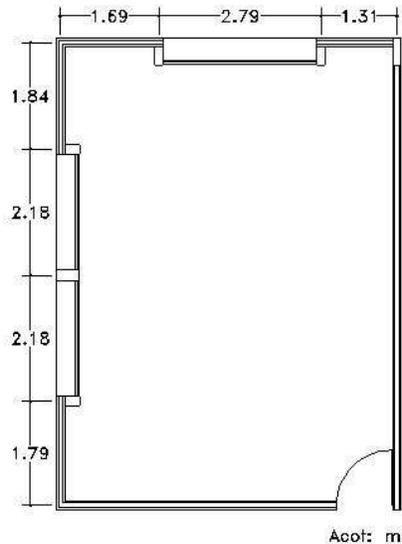


Figura 4-1. Croquis de la planta del LEA.

Para determinar la distribución del laboratorio se elaboraron diferentes propuestas considerando los siguientes criterios.

- Ubicación de las ventanas y columnas (el espacio debajo de las ventanas está reservado para la colocación de repisas).
- Sentido de la circulación determinado por la entrada al local.

- Existencia de un pizarrón, al cual los usuarios deben tener alcance visual desde su lugar. (Es importante mencionar que si bien la posición ideal sería que cada usuario pudiera ver de frente el pizarrón, si se considera que mientras se realiza una práctica los alumnos requieren observar el pizarrón sólo en ciertos momentos para leer determinadas especificaciones y que cuando se toma una clase académica no necesita realizar actividades en la mesa de trabajo, resulta válido que los usuarios tengan un alcance visual lateral, ya que cuando observe sólo por momentos esporádicos es suficiente con que gire su cabeza hacia el pizarrón y regrese para continuar trabajando y cuando sea en momentos prolongados, gire por completo su asiento y así pueda observar de frente).
- Es necesario que el mobiliario permita la agrupación de usuarios en equipos de 2 y 3 personas prioritariamente, sin embargo debe contemplarse la organización en equipos de 4 personas. Es importante considerar que no existe un número fijo de integrantes de los equipos, por lo que se requiere la posibilidad de que el mobiliario se ajuste a cualquiera de las situaciones mencionadas.
- Se requiere espacio suficiente para el trabajo de 25 alumnos como mínimo. Es indispensable la existencia de dos estaciones de trabajo independientes del resto del mobiliario. (El número de 25 usuarios no incluye a los 2 usuarios de las estaciones independientes.)
- La silla de trabajo elegida ocupa un espacio de 60cm de diámetro en total.
- Considerando que la tabla antropométrica establecida para el grupo de usuarios, determina que los individuos del percentil 95 tienen un ancho total del cuerpo de 52 cm; Las circulaciones no deben ser menores a 60cm de ancho para asegurar la libre circulación de los usuarios.
- Retomando nuevamente el ancho total del cuerpo y el diámetro total de la silla de trabajo, se determinó que cada usuario requiere al menos 70cm de ancho en su área de trabajo.
- Es necesario contar con un segundo nivel en la mesa de trabajo para colocar el equipo de medición, de al menos 40cm de ancho. Lo anterior se determinó en base a las características de uso y las dimensiones del equipo electrónico.

La Figura 4-2 muestra diferentes distribuciones posibles.

A grandes rasgos las opciones A, B, C y D son distribuciones lineales, en las que se dio prioridad a la flexibilidad para el número de integrantes de los equipos de trabajo; mantener a todos los usuarios con un alcance de frente o lateral hacia el pizarrón (ubicado en la pared de la entrada) y la optimización de las circulaciones. En las cuatro propuestas las esquinas se reservaron para la ubicación de las estaciones de programación.

En la opción E se consideró que si el espacio destinado al equipo electrónico de medición se colocaba no al frente si no a un lado de los usuarios, éstos podían trabajar con mejor fluidez y comunicación. En esta distribución los equipos de tres personas serían la forma ideal de trabajo. La ubicación del pizarrón es la misma que en las primeras propuestas manteniendo el alcance visual frontal y lateral.

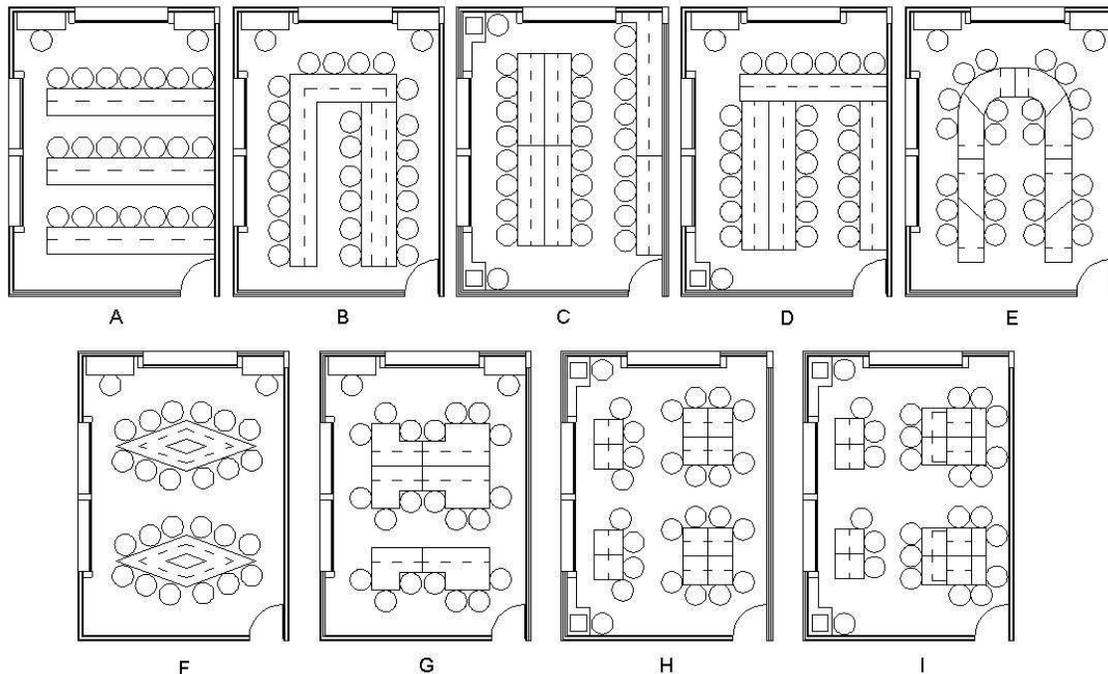
La distribución F consiste en dos unidades de trabajo, en las cuales todo el equipo electrónico se concentra en el centro de cada mesa. La agrupación de los usuarios está pensada para equipos de tres personas principalmente.

Finalmente las propuestas G y H se basaron en el objetivo de que todos los integrantes de los diferentes equipos de trabajo convergieran su ángulo de visión hacia el centro del plano de trabajo de

Capítulo 4

modo que cada uno pudiera desde su lugar tomar parte de las actividades sin que tuvieran que rolar de algún modo el proyecto entre sí y mejorar por tanto la comunicación y la integración del trabajo.

En la opción G se definieron algunas mesas para 4 personas y otras para 3. En el caso de la propuesta H el mobiliario está dispuesto para el trabajo de dos personas por mesa, si fuera necesario cambiar la organización a 3 personas por equipo, se pensó que cada módulo podría ser una mesa convertible para acoplarse a tal distribución de usuarios como lo muestra la opción I.



*Las líneas punteadas limitan el área para el equipo electrónico de medición.

Figura 4-2. Propuestas de distribución del mobiliario de trabajo.

Para determinar que distribuciones podrían resolver de mejor manera las necesidades de los laboratorios se realizó una matriz de evaluación.

La escala de calificación va de 1 a 3 puntos, en donde 1 corresponde a una situación incorrecta, 2 a aquella que es suficiente y 3 a la que cumple con la necesidad de manera apropiada.

Conclusiones de la evaluación realizada:

- **Propuesta A:** Los inconvenientes de tal distribución son que en total las mesas de trabajo no tienen espacio para más de 21 personas y a pesar de ello, el espacio para cada persona no cubre los 70 cm como mínimo requeridos. Por otra parte, debido a que cada mesa es para 7 personas, siempre que se agrupan en 2, 3 y 4 usuarios, sobra una persona que tendría que agregarse de forma incómoda a otra mesa para agruparse en un equipo de trabajo. Finalmente, a pesar de mantener todos los usuarios la vista hacia el frente, es muy probable que el segundo nivel de la mesa que tendría instalado el equipo electrónico de medición sería un obstáculo visual importante hacia el pizarrón.

- Propuesta B: En esta distribución se logró que el espacio fuera suficiente para integrar a 25 personas, manteniendo circulaciones con dimensiones adecuadas y permitiendo agrupaciones de 2, 3 o 4 personas. Sin embargo, las desventajas fueron obstáculos para el alcance visual hacia el pizarrón de los 4 usuarios que se encuentran en el fondo, así como la reducción del ancho en la mesa de trabajo para los usuarios de las filas del lado izquierdo.
- Propuesta C: Fue la distribución que cumplió de manera satisfactoria con todos los requerimientos establecidos. Tiene capacidad para 25 usuarios, cada uno con un área de trabajo de 70cm como mínimo, las circulaciones mantienen dimensiones correctas y todos los usuarios tienen un alcance visual lateral hacia el pizarrón. Finalmente, la integración de equipos de trabajo se resuelve apropiadamente.
- Propuesta D: Al igual que en la distribución B, presenta la deficiencia de tener obstáculos para el alcance visual de los usuarios que quedan al fondo. Por otra parte no brinda espacio suficiente para el acomodo de 25 usuarios.
- Propuesta E: Tal distribución presentó dos problemas. El primero, que el número máximo de usuarios es de 24 y el segundo corresponde a que la versatilidad para que los usuarios se agrupen en equipos de 2 y 4 personas presenta algunos obstáculos. Sin embargo, tal distribución presenta una muy buena integración del trabajo de equipo de tres personas, ya que permite tener a un lado el equipo de medición mientras los tres individuos se concentran en su trabajo al centro, pudiendo involucrarse de igual manera en la práctica a realizar, además de mejorar su comunicación e interacción.
- Propuesta F: Esta distribución presentó inconvenientes importantes en la visibilidad de los usuarios hacia el pizarrón, ya que independientemente de la ubicación del pizarrón, siempre quedan individuos casi de espaldas a este. Por otra parte, la agrupación en equipos de 2 y 3 personas se resuelve satisfactoriamente, mientras que la de 4 podría presentar ciertas complicaciones por las esquinas de la mesa. Finalmente el área de trabajo por persona no es suficiente.
- Propuesta G: El principal objetivo de esta distribución era tener mesas más individualizadas para cada equipo, que permitieran la interacción más fluida de los usuarios entre sí. Sin embargo, al igual que en la propuesta H, el mantener las mesas separadas genera que el número de circulaciones aumenten y por tanto, el mobiliario se ve reducido en su capacidad de usuarios. Otra deficiencia importante es la visibilidad hacia el pizarrón, ya que existen usuarios completamente de espaldas hacia alguna de las paredes libres para colocar un pizarrón. Por último, el diseño de cada mesa no permitiría tanta flexibilidad para las diferentes configuraciones del número de integrantes de equipo.
- Propuesta H e I: Partiendo del mismo principio de mesas pequeñas de la propuesta G, se generó la propuesta H, sin embargo en esta distribución se pensó que el trabajo podría definirse por parejas para cada mesa y que si era necesario la mesa pudiera transformar sus dimensiones para permitir el trabajo de más personas.

Requerimientos	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Capacidad (No. de personas)	1 (21 p.)	3 (25 p.)	3 (25 p.)	2 (24 p.)	2 (24 p.)	2 (24 p.)	1 (21 p.)	2 (24 p.)	2 (24 p.)
Circulaciones adecuadas	3	3	3	3	3	3	2	2	2
Flexibilidad para equipos de 2, 3 y 4 personas	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Área de trabajo suficiente por persona	2	2	3	3	3	2	2	2	2
Visibilidad hacia el pizarrón	2	2	3	2	3	2	1	1	1
Total	10	13	15	13	13	11	8	10	10

Tabla 4-1. Matriz de evaluación de las distribuciones propuestas.

Como resultado de la evaluación anterior, se determina que la propuesta C satisface con los requerimientos de distribución del mobiliario:

- Tiene capacidad para 25 usuarios en las mesas de trabajo, además de 2 usuarios más en estaciones independientes, ubicados en las esquinas del local.
- El sentido de la circulación partiendo de la entrada está libre de obstáculos y cuenta con al menos 60cm de distancia entre los elementos más próximos. Para determinar esta distancia, los asientos se han considerado en una ubicación completamente externa a las mesas.
- Cada usuario cuenta con 70cm de área de trabajo personal. La Figura 4-3 muestra las dimensiones mencionadas.

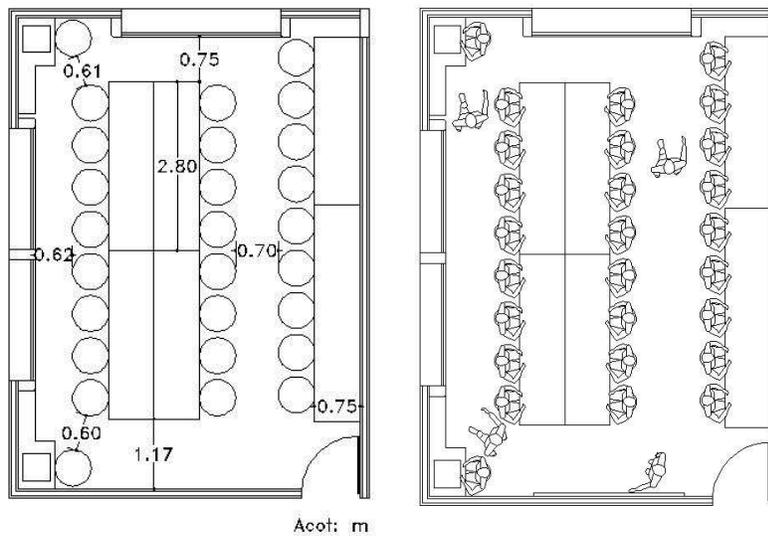


Figura 4-3. Dimensiones de la distribución elegida.

- El pizarrón se ubica en el muro de la entrada con espacio suficiente para la ubicación del profesor. Todos los usuarios tienen acceso visual lateral hacia éste.
- La posición de las estaciones de programación es conveniente respecto a la ubicación de las ventanas con lo cual se eliminan posibles reflejos en las pantallas de los monitores.
- Tal distribución permite las posibles configuraciones de la integración de equipos de 2, 3 o 4 personas. La siguiente imagen, lo indica a través de rectángulos.

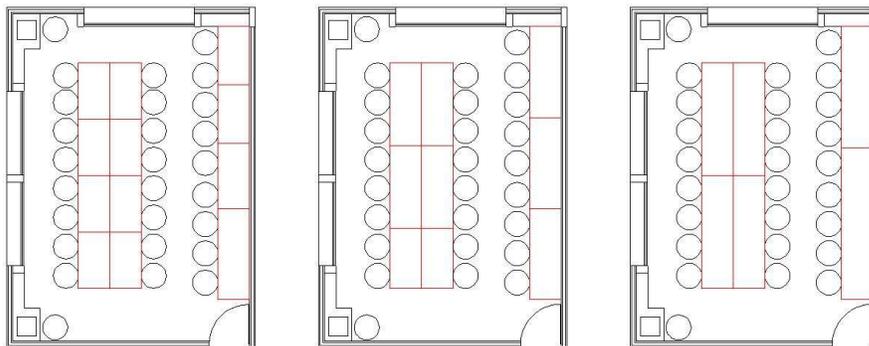


Figura 4-4. Organización de los usuarios en equipos de 2, 3 o 4 integrantes respectivamente.

4.2 Propuestas de diseño de la mesa de trabajo:

Para la elaboración de propuestas de diseño de las mesas de trabajo se han contemplado diversos aspectos que se derivan de los requerimientos funcionales, ergonómicos y estéticos ya establecidos, observaciones obtenidas del análisis de la información teórica recabada, así como parámetros en cuanto a forma y dimensiones determinados por la distribución.

De esta forma, el diseño de la mesa se ha delimitado a un conjunto de la integración de cinco elementos básicos: repisa, plano de trabajo, estructura general del mueble, instalación eléctrica y compartimiento para objetos escolares. Por tanto, las diferentes propuestas concurren en la existencia de estos elementos con la diferencia de incluir variantes que pudieran dar solución a las necesidades planteadas.

La siguiente tabla corresponde a un cuadro morfológico que integra las posibles soluciones a cada elemento que se han considerado viables y a continuación se describen las diferentes propuestas de diseño planteadas.

Elemento	Función	Subsolución			
Repisa	Contener equipo de medición	Alta, con bandejas deslizables	Baja, sin bandejas		
	Organizar cables del equipo de medición	Compartimiento externo posterior	Canal a desnivel interno	Perforación para la salida de cables	
Plano de trabajo	Base para desarrollo de actividades	Superficie horizontal	Superficie inclinada	Horizontal con cajones	
Estructura	Soporte total de equipo y componentes del mueble	Planos robustos	Postes metálicos robustos	Tubular redondo metálico curvado	Tubular rectangular metálico con cubiertas
Instalación eléctrica	Fuente de alimentación para equipo y circuitos	Contactos empotrados en tablero frontal	Contactos empotrados en soportes laterales	Barras multicontactos	
Compartimiento	Almacenar útiles escolares	Repisa inferior	Cajonera individual corrediza		

Tabla 4-2. Cuadro morfológico: elementos de la mesa de trabajo.

Propuesta A



Figura 4-5 Propuesta A de diseño.

En la propuesta A, el plano de trabajo se encuentra en una posición completamente horizontal integrando pequeños cajones con divisiones en su interior con la finalidad de permitir al alumno colocar componentes y herramientas pequeñas que utilice de manera constante. Sería posible que los compartimientos de cada cajón fueran recipientes individuales que pudieran extraerse para facilitar las actividades de ensamble de circuitos.

Se contempla una repisa para el equipo de medición con una altura baja⁵², de modo que el usuario tenga un alcance pleno del equipo y los circuitos puedan conectarse de manera práctica al equipo de medición.

En el plano frontal se han colocado contactos eléctricos empotrados, de modo que la instalación eléctrica quede oculta dentro de un tablero. Se encuentran dispuestos en una hilera superior contactos que serían de uso exclusivo para la conexión del equipo de medición u otro elemento que se desee conectar diferente a los circuitos de prueba, ya que para estos precisamente se ha dispuesto la hilera inferior de contactos, de modo que el usuario los tenga a su alcance.

Para la organización de los cables de alimentación se han ubicado perforaciones en la superficie de la repisa que permita que la clavija de los cables tenga acceso a los contactos mientras que el resto del cable descansa en la parte posterior del mobiliario (ver detalle de la Figura 4-5).

Los soportes tanto de la repisa como del plano de trabajo son cilindros. Los soportes inferiores poseen un diámetro mayor para brindar cuerpo y estabilidad. A estos apoyos se sujeta una repisa a todo lo largo de la mesa para almacenar mochilas y cajas de herramientas principalmente. El descanso para los pies se encuentra ubicado al frente en la parte inferior de los apoyos.

Propuesta B



Figura 4-6. Propuesta B de diseño

En la propuesta B el plano de trabajo se encuentra inclinado con el objetivo de mejorar el trabajo manual, la postura de cuello y espalda, así como el ángulo visual al momento de armar y soldar circuitos. Es deseable que el usuario pudiera cambiar el ángulo de inclinación de modo que se ajuste a sus necesidades.

⁵² Más adelante se determinará la altura adecuada para la repisa según la antropometría de los usuarios, mientras tanto al referirse al concepto de repisa alta se entiende una altura a la cual se tenga acceso al estirar los brazos hacia arriba y levantar la cabeza para observar la pantalla del equipo, mientras que una repisa baja tendría una altura similar a la línea de visión natural manteniendo la cabeza de frente sin elevarla.

Capítulo 4

Con el propósito de organizar los cables de alimentación se ha considerado un compartimiento en la parte posterior de la repisa. Dicho compartimiento tendría una tapa corrediza para permitir el acceso a los cables, los orificios permitirían la entrada del cable hacia la parte frontal en donde se encuentran ubicados los contactos eléctricos.

En general la estructura tiene formas muy geométricas y simples, los soportes inferiores poseen un espesor considerable con la intención de que el volumen le brinde cierto peso visual. El perfil de tales soportes se encuentra inclinado verticalmente hacia dentro a modo de librar el roce con las rodillas del usuario. Así mismo, el descanso para los pies se encuentra sujeto a estos soportes.

Finalmente, se han colocado en la parte inferior cajoneras individuales para el almacenaje de cajas de herramientas y útiles escolares de los alumnos. Cada cajonera es corrediza y posee una jaladera de modo que pueda funcionar como un cajón y permitir el acercamiento para utilizar el compartimiento y el alejamiento cuando no está en uso, manteniendo de esta forma el espacio libre requerido para las extremidades inferiores del usuario bajo la mesa.

Propuesta C

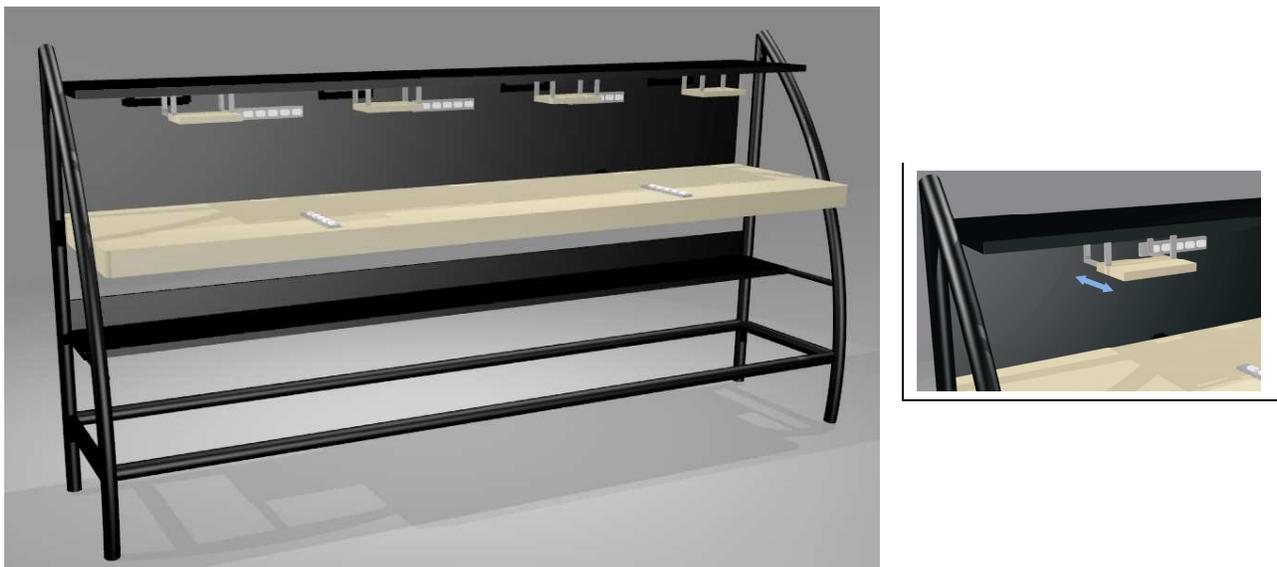


Figura 4-7. Propuesta C de diseño

La propuesta C integra bandejas corredizas a una repisa alta para el equipo de medición. Se ha considerado que tales dispositivos permiten la conexión entre el circuito y el equipo, de manera práctica al disminuir la distancia entre ellos.

Para la instalación eléctrica se han empotrado barras multicontactos tanto en la parte frontal superior como en la superficie de trabajo. Las primeras serían para conectar exclusivamente el equipo de medición y las segundas para los circuitos de prueba, por lo que se han colocado al alcance de los alumnos en su mismo plano de trabajo. Como cada mesa contempla espacio para 4 personas, cada barra ubicada en la mesa sería compartida por dos usuarios.

Para el almacenaje de cajas de herramientas se ha contemplado una vez más una repisa inferior a lo largo de la mesa colocada hasta el fondo para no disminuir el espacio libre para las extremidades inferiores. La estructura de la mesa contempla tubos circulares curvados como soportes principales, se

han eliminado los soportes superiores para la repisa del equipo de medición con la finalidad de brindar mayor libertad de movimiento y comunicación entre los usuarios.

Propuesta D



Figura 4-8. Propuesta D de diseño

En esta propuesta se ha considerado nuevamente una repisa baja con la variante de un canal interno en la parte posterior con cierto desnivel, que permite colocar los cables doblados y posiblemente sujetos con algún seguro de plástico a lo largo de la repisa como lo muestra el detalle de la Figura 4-8. Los cables se conectarían a los contactos del frente al pasar por las perforaciones ubicadas en el mismo canal.

Los contactos destinados para los circuitos de prueba se han empotrado en los soportes verticales de la repisa. Tales soportes se encontrarían laterales a los usuarios, para que su acceso resulte práctico.

La estructura de los soportes inferiores de la mesa se compone de tubulares rectangulares metálicos con alguna cubierta para mejorar su estética al tener mayor volumen.

Como es posible observar en las diferentes propuestas de diseño, todas se sujetan a formas simples y geométricas, es decir, formas irregulares, asimétricas, orgánicas o curvadas con formas caprichosas han sido ignoradas debido básicamente a cuatro aspectos importantes:

- Tales atributos visuales resultan acordes a las preferencias de los usuarios de acuerdo a su edad y ambiente universitario al que pertenecen, en este caso carreras profesionales de ingeniería con alto sentido tecnológico y carga intelectual.
- Se ha considerado que tales características formales y de composición guardan armonía con las instalaciones de los Laboratorios de Electrónica.
- Las formas simples contribuyen a que el usuario tenga un desempeño laboral concentrado en su tarea.

Capítulo 4

- Se busca que la construcción del mobiliario sea lo más práctico posible de tal modo que pudiera llevarse a cabo fácilmente en las propias instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca aprovechando sus recursos materiales y de producción.

Evaluación de las mesas de trabajo:

Para evaluar las propuestas descritas, se ha elegido como herramienta de análisis una “matriz de selección de conceptos” (concept screening matrix)⁵³. Esta matriz tiene el objetivo de evaluar conceptos de diseño y como resultado obtener alternativas viables para generar una propuesta final.

Para definir los criterios de evaluación se han retomado sólo los requerimientos de diseño relacionados directamente con la mesa de trabajo. Se detalla a continuación en qué consiste cada criterio:

- Funcionalidad del plano de trabajo: se evaluará si inclinar el plano de trabajo resulta o no adecuado, así como si la existencia de cajones para los componentes electrónicos es útil.
- Fácil acceso al equipo de medición: ya que se ha colocado la repisa con el objetivo de concentrar ahí el equipo de medición porque así resulta práctico, este criterio de evaluación se refiere a analizar que altura mejora el acceso tanto manual como visual hacia el equipo, por tanto se revisarán movimientos y estiramientos de brazos y cuello, así como ángulos de alcance visual óptimos.
- Organización de los cables del equipo: es necesario que la forma en la que se organicen los cables permita que el usuario tenga fácil acceso y pueda desconectar y conectar el equipo para modificar su ubicación si así lo desea, además de que los cables no le resten área en su plano de trabajo.
- Diseño que permita maximizar el área de trabajo: es deseable que exista la menor cantidad posible de elementos en el plano de trabajo, ya sean parte del mobiliario o cables del equipo de medición, con el objetivo de mantener mayor área libre para el desarrollo de actividades.
- Practicidad de los contactos eléctricos: ya que se ha contemplado por separado la alimentación eléctrica para el equipo de medición y para los circuitos de prueba, es necesario elegir entre contactos separados o barras multicontactos comerciales, así como la posición que resulte factible.
- Funcionalidad en el almacenaje de útiles escolares: es importante analizar que el compartimiento destinado a estos objetos sea de fácil acceso, con la capacidad suficiente de almacenaje y que su posición no sea estorbosa. Por último, desde el punto de vista ergonómico se busca que el usuario no adopte posturas incómodas para acceder al compartimiento.
- Impacto de los elementos estructurales en la postura del usuario: es necesario que los apoyos verticales tanto de la mesa como de la repisa sean elementos que no obstaculicen la postura del usuario, por tanto se analizará que formas se adaptan mejor al espacio requerido para las extremidades inferiores.
- Proceso de fabricación sencillo: es deseable que el proceso de fabricación del mobiliario sea lo más sencillo posible, por tanto, a pesar de que no se han elegido materiales ni procesos es

⁵³ Eppinger, Steven y Ulrich, Karl: **Product design and development**. Mc Graw Hill, USA 2000.

posible vislumbrar que elementos pueden dificultar la construcción, por lo que se preferirán aquellos más viables.

A continuación se muestra la matriz de selección. Los puntos se establecen en una escala del 0 al 3, asignando 3 al concepto que satisface el criterio de selección, 2 a aquel que no cumple completamente con el criterio pero es aceptable, 1 al concepto que cumple sólo con algunos de los aspectos que comprende el criterio y por tanto no es del todo inadecuada y 0 a aquella que es inapropiada.

Criterio de selección	A	B	C	D
Funcionalidad del plano de trabajo	2	1	3	3
Fácil acceso al equipo de medición	3	3	2	3
Organización de los cables del equipo	3	2	3	3
Maximización del área de trabajo	2	2	3	2
Practicidad de los contactos eléctricos	3	3	2	3
Funcionalidad en el almacenaje de útiles escolares	1	2	1	2
Holgura para extremidades inferiores	1	2	2	3
Proceso de fabricación sencillo	2	2	3	3
Total	17	17	19	22

Tabla 4-3. Evaluación de propuestas de diseño

Conclusiones de la evaluación de las propuestas de diseño:

- **Funcionalidad del plano de trabajo:** se consideró que la inclinación del plano de trabajo resulta adecuada para las labores de ensamble y soldadura de circuitos, ya que por la cercanía visual que requiere la manipulación de objetos pequeños el usuario tiende a inclinar la cabeza hacia delante, lo cual provoca una flexión de la columna vertebral que se traduce en fatiga y dolor de espalda y cuello. Sin embargo a pesar del beneficio que representaría la inclinación del plano, esta característica sería plenamente factible sólo si la superficie fuera anti-deslizante para asegurar que ningún objeto resbalara debido a la pendiente. Para determinar si lo anterior era posible se probó colocando un lápiz y un capacitor sobre una superficie rugosa inclinada a 5°, se eligieron ambos objetos por ser de uso común en las prácticas de laboratorio. La prueba demostró que a pesar de que el ángulo de inclinación era mínimo y que la superficie no era lisa ambos objetos resbalaban. Por tanto se concluyó que un plano inclinado no es viable. No obstante, debido a que es necesario resolver la flexión de la columna vertebral que provoca el plano recto se ha decidido el diseño de un accesorio que permita colocar los circuitos a la altura e inclinación que el usuario decida. Por otra parte se determinó que la existencia de cajones no resulta útil debido a que los alumnos utilizan las bandejas desmontables de sus cajas de herramienta para la

clasificación y almacenaje de componentes, y ya que la mesa de trabajo no es de uso exclusivo para cada alumno no les resultaría práctico colocar su material en dichos cajones si al final de la práctica tienen que recogerlo nuevamente.

- Fácil acceso al equipo de medición: al analizar las posturas que asume el usuario para manipular el equipo electrónico se determinó que una repisa baja es la mejor solución. Resulta factible que antropométricamente todos los usuarios se adapten a una repisa baja que no involucra estiramiento de brazos y flexión del cuello hacia arriba, así como elevación de la mirada para manipular fácilmente el equipo; aunado a ello es más práctico colocar los circuitos sobre la mesa y desde ahí conectarlos al equipo que montarlos en la bandeja y hacer varios cambios cuando se trabaja con más de un circuito a la vez.
- Organización de los cables del equipo: la opción de la salida de cables que se ilustra en la propuesta A se consideró la mejor debido a que el compartimiento que sugiere la opción B complicaría el acceso a los cables del equipo, ya que si bien podría funcionar al mantener ordenados los cables, si el usuario desea mover algún aparato tiene que abrir el compartimiento y por su ubicación⁵⁴ queda lejos de su alcance óptimo. En cuanto al canal sugerido en la propuesta C, si bien resulta factible, al compararla con la sencillez de construcción de la opción A se ha preferido ésta última opción. Los cables colgarán hacia atrás y como existe un tablero frontal se mantendrán ocultos, siendo visible únicamente el enchufe conectado al contacto, lo cual facilita la acción de conectar y desconectar la clavija.
- Diseño que permita maximizar el área de trabajo: en este criterio de evaluación se otorgó mayor puntaje a la propuesta que carece de apoyos verticales para la repisa; ya que además de que se obtiene mayor limpieza en el diseño del mobiliario, se consideran como limitantes para el movimiento de brazos y ubicación de objetos en general.
- Practicidad de los contactos eléctricos: se eligió como mejor opción empotrar contactos en un tablero frontal como lo muestra la propuesta A, debido a que en esta ubicación no estorban en el área de trabajo y las conexiones se dirigen al fondo de la mesa de modo que la superficie que queda inmediatamente al frente del usuario se mantiene libre de cables. Se prefirió empotrar contactos individuales ya que facilitan el mantenimiento en caso de deterioro así como la instalación del número de contactos que sea necesaria. La ubicación de una hilera superior y otra inferior responde a la necesidad de que el usuario perciba rápidamente que contactos son para el equipo de medición y cuales para sus circuitos.
- Funcionalidad en el almacenaje de útiles escolares: la repisa bajo el plano de trabajo fue desechada como opción ya que al ubicarse hasta el fondo de la mesa, el usuario tiene que inclinarse y estirar su cuerpo de forma incómoda, tomando incluso el riesgo de golpear la cabeza si no baja lo suficiente para librar la base. Por otra parte, la opción de las cajoneras individuales fue considerada más práctica al resolver la situación antes planteada a través de la jaladera que permite correr hacia delante la cajonera evitando así que el usuario incline su cuerpo en exceso; sin embargo, es necesario agregar paredes laterales para evitar la caída de los objetos almacenados.
- Holgura para extremidades inferiores: particularmente en este criterio se analizó que opción de apoyos verticales requería menor espacio debido al grosor sugerido del elemento. Este aspecto es

⁵⁴ Hay que recordar que la distribución determina que ninguna mesa de trabajo tiene espacio libre en la parte posterior y por tanto no hay área disponible para que el usuario maniobre cómodamente.

importante ya que la amplitud del espacio para cada alumno está en el límite de lo apropiado debido a que el local del laboratorio es apenas suficiente para el trabajo de 27 personas. Por tanto se concluyó que la propuesta D ocupa el mínimo de espacio requerido al mismo tiempo que cubre las necesidades estructurales de estabilidad y soporte.

- Proceso de fabricación sencillo: a grandes rasgos las cuatro propuestas carecen de elementos de fabricación que no pudieran realizarse en las instalaciones de los talleres de la UTM, sin embargo como la intención es buscar la mayor facilidad posible se dio preferencia en conjunto a las propuestas C y D.



Figura 4-9. Propuesta de diseño final.

Como es posible deducir a través de las conclusiones anteriores, a pesar de que la propuesta D obtuvo el mayor puntaje, no satisface por si sola los requerimientos de diseño, por tanto se decidió complementarla con características de las otras opciones consideradas adecuadas en la evaluación. De este modo, se obtuvo una propuesta final (Figura. 4-9) con los siguientes elementos.

- Repisa para equipo de medición de altura baja y sin apoyos verticales al frente.
- Orificios en la superficie de la repisa que permitan el acceso de los cables de alimentación a los contactos eléctricos. El hecho de que los cables caigan libremente detrás del mobiliario, no resulta inconveniente si se considera que el mueble los ocultará por completo. Por otro lado, si se encuentran libres resulta más fácil retirarlos para modificar su ubicación y evitar problemas de falta de ventilación.
- Contactos eléctricos empotrados en un tablero frontal. Se distribuyen dos hileras, una superior con 8 contactos por cada dos personas, número suficiente para conectar equipo electrónico y computadoras portátiles; y una inferior con dos contactos por persona para los circuitos de prueba, cantidad resultante al analizar que regularmente se maneja sólo un circuito a la vez por práctica. Esta última línea se protegerá contra cortos circuitos de modo que no afecte al resto de la instalación eléctrica del laboratorio.
- Cajoneras individuales en la parte inferior de la mesa. Se han agregado paredes laterales para mejorar el apoyo de los objetos.

Capítulo 4

- Elementos estructurales lo más esbeltos posible, con proporciones que permitan libertad en extremidades inferiores (tales características se definirán con exactitud más adelante al establecer las dimensiones de la propuesta y al realizar el análisis estructural).

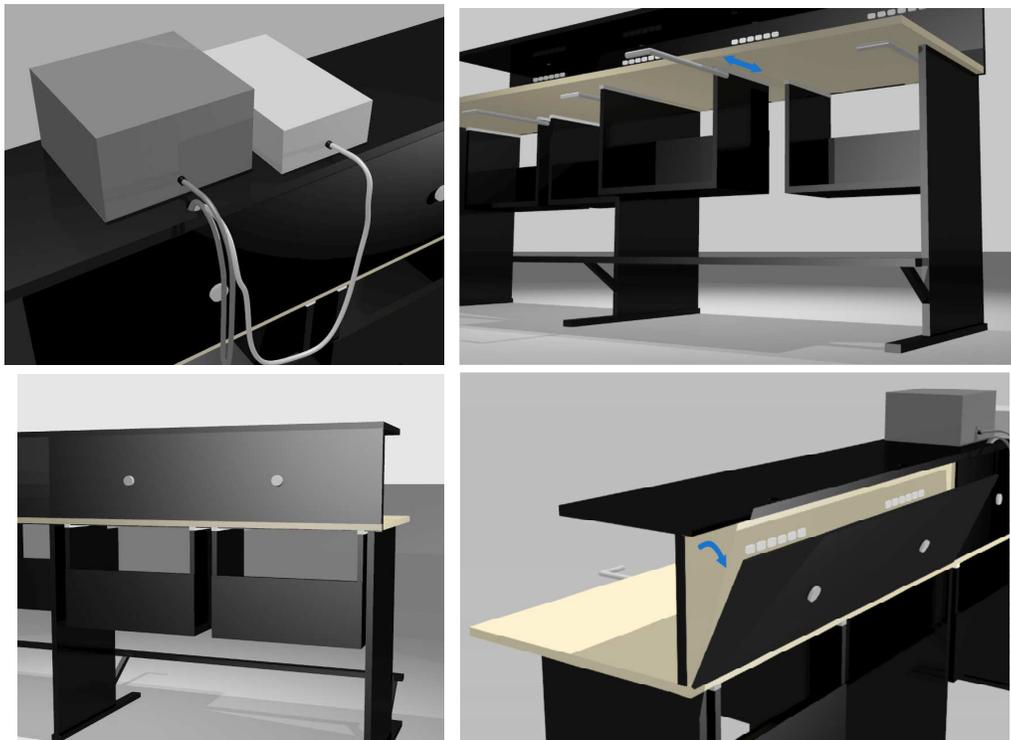


Figura 4-10. Detalles de los elementos de la propuesta final.

- En cuanto a la selección de colores y preferencias de los usuarios relacionados con atributos sensoriales, se determinaron las características con que deben cumplir los colores elegidos:
- En el plano de trabajo, empleo de color con un factor de reflexión comprendido en el rango de 0.25 a 0.50, considerando inconveniente la gama de colores oscuros debido al manejo de componentes electrónicos pequeños y oscuros.
- Colores fríos que generen la sensación de tranquilidad y concentración.
- Emplazamiento con el entorno y las actividades desarrolladas.
- Colores de prestigio, sobriedad y estatus relacionados con carreras con alto sentido tecnológico.

De este modo se ha considerado que los siguientes colores en sus diferentes combinaciones se adecuan a los requerimientos de color antes planteados. La elección final dependerá de los materiales de construcción elegidos.

Elemento	Colores posibles		
Plano de trabajo	 Azul claro	 Gris claro	 Arena
Estructura y repisa	 Azul oscuro	 Gris oscuro	 Negro

Tabla 4-4. Combinaciones de color posibles para la mesa de trabajo.

4.3 Propuesta de diseño de soporte de documentos

La existencia de un soporte para documentos se estipuló como requerimiento de diseño debido a que los alumnos observan constantemente diagramas de circuitos, así como ecuaciones y otros datos que emplean mientras realizan sus prácticas. El objetivo principal de tal aditamento es permitir que el usuario tenga al alcance el documento en un ángulo visual más cómodo que si se encuentra sobre la superficie de la mesa, al mismo tiempo que se reduce el espacio que ocupa dentro del área de trabajo.

Se consideró que sujetar el documento con un clip a presión que estuviera ubicado en la repisa de la mesa, como lo muestra la Figura 4-11 podría resultar conveniente, sin embargo, debido a que la repisa tendría una altura semejante al de una hoja tamaño carta y que los alumnos consultan información no sólo en hojas separadas sino también en libretas se concluyó que un soporte apoyado en la mesa resultaría más funcional.

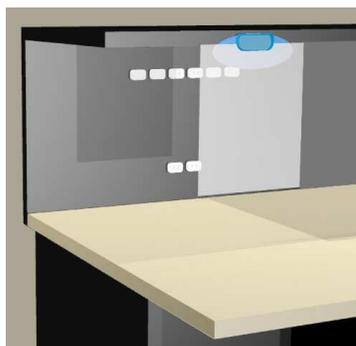


Figura 4-11. Clip para sujetar hojas.

De esta forma se diseñó el soporte mostrado en la Figura 4-12. Consiste en una base vertical para el descanso del papel con un imán en la parte superior que permita sujetar hojas sueltas. En el caso de que se utilice una libreta, la base cuenta con un borde a modo de tope para evitar su deslizamiento. Finalmente en la parte posterior se encuentra el apoyo que permite modificar el ángulo de inclinación del soporte.



Figura 4-12. Propuesta de diseño para soporte de documentos.

4.4 Propuesta de diseño para estaciones de programación de circuitos

Las estaciones de computadoras personales con que debe contar el laboratorio, son requeridas principalmente para la programación de circuitos. Observando las características de tal actividad se han determinado las siguientes consideraciones para el diseño de las estaciones:

- En general, los alumnos no utilizan la computadora por periodos mayores a una hora para el desarrollo de esta actividad, por lo tanto no es necesario que se implementen aditamentos especiales para el uso de teclado y mouse.
- Además de la computadora personal, debe contemplarse la ubicación de un programador y un borrador de memorias EPROM.
- Debido a que el programador se conecta al CPU por medio de un puerto en serie, es deseable que el usuario tenga un alcance óptimo de la parte trasera del CPU que le permita conectar y desconectar el equipo fácilmente.

La Figura 4-13 muestra la propuesta de diseño que se ha hecho para la estación de programación.

Se deriva directamente de la mesa de trabajo elegida y su forma responde al espacio que se ha destinado para las estaciones de soldadura en la distribución del laboratorio.



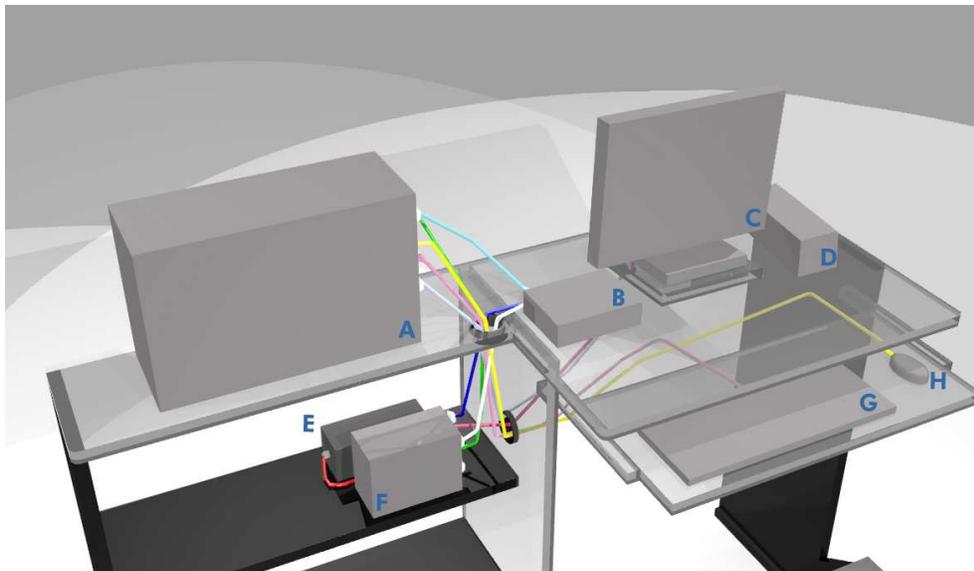
Figura 4-13. Propuesta de diseño para estación de programación.

El área de la mesa está planeada para colocar un monitor, el programador y borrador de memorias EPROM; lateralmente contempla una extensión en la que se ubicaría el gabinete, así como repisas que permitirán la ubicación de un regulador y útiles escolares del usuario, puesto que la mesa de programación tendrá menor profundidad que la mesa de trabajo, las cajoneras se han eliminado.

Tomando en cuenta la altura en la que se recomienda situar el teclado, se ha optado por integrar una bandeja deslizante que tenga el suficiente espacio para contener el teclado y el mouse; considerando que el usuario no realiza actividades de captura de datos de manera constante, será suficiente con que mantenga el teclado sin inclinación, es decir, al nivel de la bandeja. En cuanto al uso del mouse, resulta suficiente también con que permanezca en la misma bandeja, es decir el usuario no debe subirlo a la mesa al nivel del monitor.

La estación comprende tres orificios que permitirán que la conexión de los cables de alimentación y transferencia de datos de los diferentes equipos sea práctica y organizada. Los siguientes bocetos ilustran la forma en que el equipo se encontraría dispuesto y el sitio en que los cables se ubicarían.

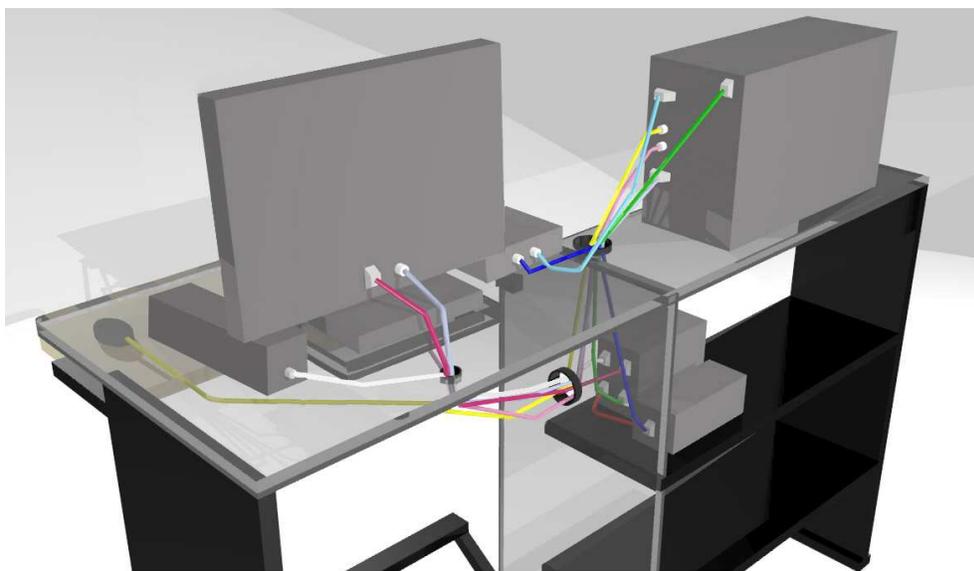
En la Figura 4-14, en una vista frontal se encuentran representados los diferentes elementos que se emplean en la estación de programación. La distribución del equipo tiene el objetivo de mantener el borrador y el programador EPROM lo más cercano posible al CPU y al regulador. Mientras que en Figura 4-15, se observan en una vista posterior las conexiones entre los diferentes cables de los equipos.



Simbología:

- A - Gabinete
- B - Programador
- C - Monitor
- D - Borrador EPROM
- E - Adaptador del programador
- F - Regulador
- G - Teclado
- H - Mouse

Figura 4-14. Elementos que integran la estación de programación



Simbología de conexiones:

- mouse - CPU
- monitor - regulador
- monitor - CPU
- teclado - CPU
- borrador - regulador
- programador - adaptador
- programador - CPU
- CPU - regulador
- adaptador - regulador

Figura 4-15. Organización de conexiones en la estación de programación

Se ha colocado un orificio detrás del monitor para la salida de los cables de éste; otro orificio en una cara lateral de las repisas para la comunicación entre el mouse y el teclado con el CPU pasando por debajo de la mesa y uno más frente al gabinete que permita conectar los cables al gabinete y al regulador. Con la existencia de los orificios, se pretende mantener los cables en el mejor orden posible evitando que estorben sobre la superficie de la mesa. Su ubicación tiene distancias y alturas adecuadas para que el usuario tenga libre acceso.

Capítulo 4

La posición del gabinete se definió dando prioridad a la parte posterior debido a que el usuario requiere un contacto directo y constante con los puertos en serie a diferencia de la cara frontal en la que se ubica el botón de encendido y el lector de CD's, que son utilizados con menor frecuencia.

4.5 Propuesta de diseño para repisas

Como se observó en el estudio de campo, bajo las ventanas existen cavidades en las que se pueden colocar repisas y así aprovecharlo como espacio de almacenaje, lo cual eliminaría la necesidad de los racks metálicos que existen actualmente además de beneficiar el área de trabajo de los técnicos al liberar cierto espacio en su cubículo.

Los bocetos siguientes muestran la forma en que las repisas estarían dispuestas, tanto en las ventanas laterales (b) como en la frontal (a).



Figura 4-16. Propuesta de repisas para almacenaje

En general, consisten en repisas empotradas en la pared con compartimientos centrales delimitados por puertas y cajones (sólo en el caso de la ventana frontal, ya que posee mayor longitud); los cuales se han distribuido así tanto por estética como para aprovechar las divisiones como apoyos verticales de las repisas.

El uso de los compartimientos con puertas se ha pensado para almacenar equipo y herramientas que administra el personal del laboratorio (cautines y multímetros por ejemplo), mientras que los cajones son ideales para organizar cables y otros elementos pequeños. El resto de las repisas se han dejado con libre acceso para colocar objetos de los alumnos y otros equipos que se utilizan con menor frecuencia y por tanto no se colocan en las mesas de trabajo.

Para las puertas, se prefirió un mecanismo abatible frente al corredizo, ya que éste no permite un acceso completo al interior por el hecho de tener abierta una puerta a la vez. Y finalmente aunque las puertas restan espacio de las circulaciones, esto no es significativo ya que el acceso es sólo ocasional por parte de los técnicos que administran el equipo.

4.6 Dimensiones de las propuestas de diseño

Para definir las dimensiones del mobiliario propuesto se retomarán los parámetros de diseño antes establecidos. Es importante mencionar que por ahora no se contemplan características y dimensiones de los materiales de construcción, ya que además de que no se han elegido, se ha dado prioridad a que el mobiliario se acople a parámetros ergonómicos y funcionales; si más adelante definidos los materiales se requiere de alguna modificación, se evaluará la factibilidad de hacerlo.

4.6.1 Dimensiones de la mesa de trabajo

Debido a que la propuesta de diseño para la mesa de trabajo consiste en una mesa para cuatro personas en donde cada una tiene asignado el mismo espacio, se definirán las dimensiones para un solo módulo como si se tratara de una mesa para una persona.

La siguiente tabla muestra las dimensiones de los elementos que regularmente ocuparán un sitio dentro de la mesa de trabajo y que se considerarán más adelante.

Elemento	Ancho (cm)	Altura (cm)	Profundidad (cm)
Generador de funciones	22.5	10	38
Osciloscopio	32	18	30.5
Fuente de corriente directa	22	9	35
Cautín	23	20	25
Multímetro portátil	8.5	4.5	17
Tarjeta de pruebas (promedio)	17	7	0.9
Computadora portátil	36	29	28
Caja de herramientas mediana	30	13	18
Mochila escolar	30	37	10
Libreta profesional	22	28	1.5

Tabla 4-5. Dimensiones del equipo utilizado en la mesa de trabajo.

A continuación se desglosan las consideraciones que determinaron cada dimensión, las imágenes ilustran la forma en que las medidas antropométricas intervienen en el análisis, cada letra incluida como acotación corresponde a una medida de la tabla 3-7. Es importante mencionar que los parámetros limitan el rango de la dimensión pero no implican la cifra exacta de ésta.

Ancho del plano de trabajo y repisa: 70cm (tal valor se obtuvo de los siguientes datos).

- Ancho total del cuerpo percentil 95 (52.1 cm)
- Suma del ancho del osciloscopio y del generador de funciones (54.5 cm)

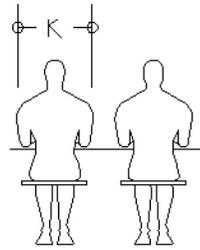


Figura 4-17. Ancho total del cuerpo (K).

Profundidad de repisa: 40 cm.

- Profundidad máxima del equipo (38cm)

Profundidad del plano de trabajo: 75cm.

- Alcance frontal máximo del brazo percentil 5 (63.7cm)
- Alcance funcional frontal del antebrazo percentil 95 (31.4cm)
- Ancho de la repisa (40cm)

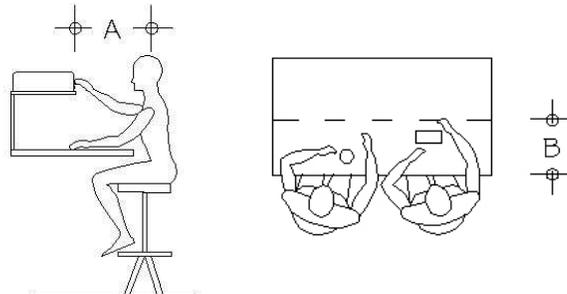


Figura 4-18. Alcance frontal del brazo (A) y del antebrazo (B).

Altura del plano de trabajo: 95cm.

- Altura de codo sentado percentil 5 (58.2cm) + 33cm de altura del reposapiés de la silla alta
- Altura de codo percentil 50 (103.9 cm)

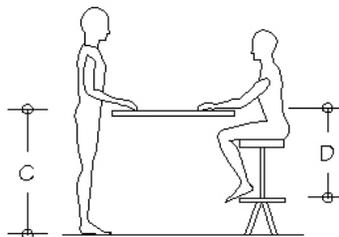


Figura 4-19. Altura de codo (C) y altura de codo sentado (D).

Altura de repisa: 33 a 40 cm a partir del plano de trabajo (128 a 135 cm del piso).

- Línea de visión normal sentado percentil 5 (108.4cm) + 33cm de altura del reposapiés de la silla
- Altura de visión percentil 5 (137.5cm)
- Altura del hombro al piso sentado percentil 5 (90.9cm) + 33cm de altura del reposapiés
- Rotación de cuello (45°)

- Rotación máxima inferior de ojos (35°)⁵⁵

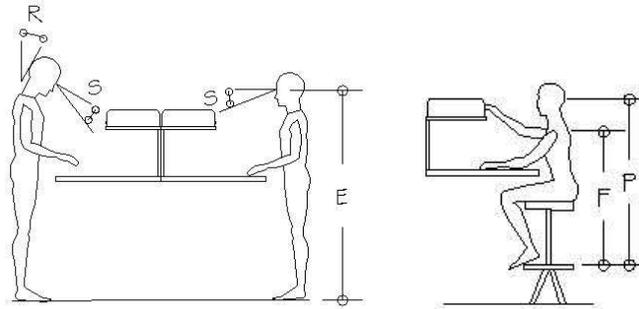


Figura 4-20. Consideraciones antropométricas en altura de repisa.

Ancho máximo de soportes verticales del plano de trabajo: 41cm.

- Distancia glúteo – rodilla percentil 95 (62.7cm) menos profundidad del cuerpo percentil 50 (29cm). Por tanto, si se requiere librar una distancia de 33.7cm, considerando que la mesa tiene una profundidad total de 75cm, el ancho de los soportes debe ser menor a 41.3 cm.



Figura 4-21. Distancia glúteo-rodilla (L) y profundidad del cuerpo (Q).

Espesor máximo de soportes verticales del plano de trabajo: 5cm.

- Ancho del plano de trabajo (75cm) menos ancho total del cuerpo percentil 95 (52.1cm)

Profundidad de la ubicación del descansapies: 29cm.⁵⁶

- Distancia glúteo – rodilla percentil 50 (58.1cm) menos profundidad del cuerpo percentil 50 (29cm) (Ver Figura 4-21).

Altura del apoyo para pies: 33cm con 15° de inclinación respecto a la horizontal.

- Altura del plano de trabajo (95cm) menos:
 - Altura poplítea percentil 5 (38.5cm)
 - Holgura del muslo sentado percentil 95 (18.2cm)
 - Espesor aproximado del plano de trabajo (5cm)
- La inclinación se determinó en base a parámetros observados en literatura⁵⁷.

⁵⁵ La rotación de ojos y cuello se han considerado principalmente para determinar si la altura de la repisa es adecuada incluso para individuos altos, por ello en el esquema de la Figura 4-20 se han dibujado individuos de pie con alturas extremas.

⁵⁶ Distancia medida desde el borde frontal del plano de trabajo hacia dentro.

⁵⁷ Desoille, Viñas y Mercadal: **Medicina del trabajo**. Elsevier, España 2002.

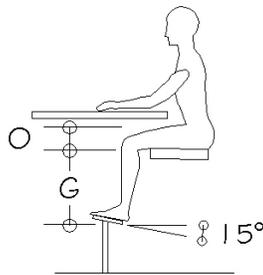


Figura 4-22. Holgura del muslo (O) y altura poplíteica (G).

Ancho de cajonera: 50cm.

- Profundidad de caja de herramienta (18cm)
- Altura de mochila (se considera la mochila colocada horizontalmente) (37cm)

Profundidad de cajonera: 30cm.

- Ancho de caja de herramienta y mochila: (30cm)
- Dimensión menor al ancho máximo de los soportes verticales (41cm)

Altura de cajonera: 30cm.

- Altura de caja de herramienta (13cm)

Considerando que la altura del plano de trabajo es de 95cm, la base de la cajonera quedaría a 65cm del piso. Tal altura permite que el usuario tenga acceso inclinando la parte superior del cuerpo ya sea si se encuentra de pie o sentado; en el segundo caso, el acceso puede mejorarse gracias a que la silla tiene una altura regulable y ruedas, que permiten acercarse al cajón. Debido a que el acceso a la cajonera no sería constante ni por periodos prolongados, se ha considerado que su altura y ubicación son adecuadas.

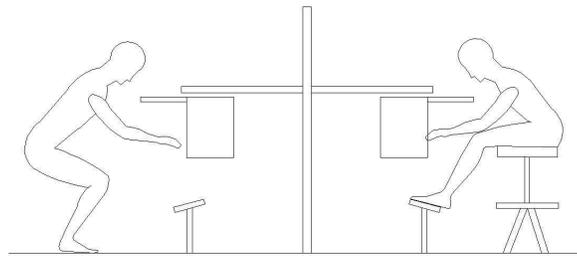


Figura 4-23. Acceso a cajonera.

Longitud de jaladera de cajón: 25cm.

- Alcance funcional frontal del antebrazo percentil 50 (22.8cm).
- Se ha determinado que la jaladera se ubique a un lado de la cajonera para que estorbe lo menos posible, una vez que la cajonera se encuentre extraída.

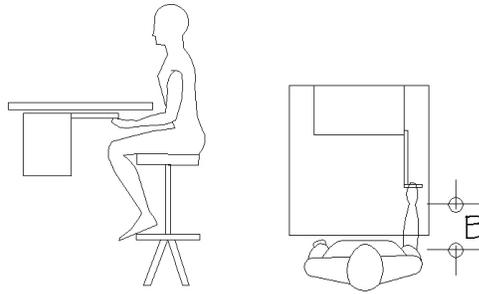


Figura 4-24. Alcance funcional frontal del antebrazo (B).

4.6.2 Dimensiones de las estaciones de programación

Debido a que el diseño de las estaciones de programación se ha derivado de las mesas de trabajo, algunas dimensiones establecidas para la mesa de trabajo serán las mismas para dichas estaciones, mientras que otras se han delimitado por la distribución y la arquitectura del local, por tanto, no se ha realizado un análisis tan detallado como en el caso de la mesa de trabajo.

La siguiente tabla muestra las dimensiones de los elementos que regularmente ocuparán un sitio dentro de las estaciones de programación de circuitos.

Elemento	Ancho (cm)	Altura (cm)	Profundidad (cm)
CPU	18.5	42	50
Monitor	40	41	20
Teclado	46	2	16
Mouse	6	3.5	11.5
Regulador de voltaje	11	9	16
Borrador EPROM	8.5	8	21
Programador	25.5	5	16
Adaptador del programador	9	6	22

Tabla 4-6. Dimensiones del equipo utilizado en estación de programación.

Ancho del plano de trabajo: 85cm.

- Suma del ancho del monitor, del programador y del borrador EPROM (74cm)

Profundidad de la bandeja para teclado: 25cm.

- Profundidad del teclado (16cm)

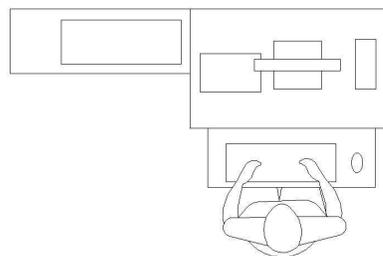


Figura 4-25. Distribución del equipo en estación de programación.

Capítulo 4

Profundidad del plano de trabajo: 55cm.

- Profundidad máxima del equipo (21 cm)
- Alcance frontal máximo del brazo percentil 5 (63.7cm, que define la distancia entre el monitor y el usuario) más la profundidad de la bandeja para teclado (25cm)

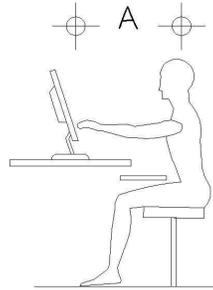


Figura 4-26. Alcance frontal del brazo (A).

Altura de bandeja para teclado: 63cm.

- Altura poplíteica percentil 50 (40.4cm).
- Holgura del muslo sentado percentil 50 (13.4cm).
- Altura de codo sentado percentil 50 (63.4cm).

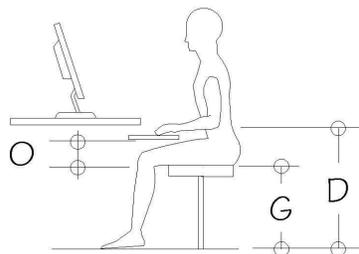


Figura 4-27. Holgura del muslo (O), altura poplíteica (G) y altura de codo sentado (D).

Altura del plano de trabajo: 74cm.

- Distancia vertical entre la bandeja y la superficie de trabajo (10cm):
 - Altura del mouse (3.5cm)
 - Espesor del plano de trabajo (aproximado a 5cm)
- Altura en la que debe ubicarse la base del monitor (74cm):
- Visión normal sentado percentil 50 (115.1cm) menos la altura del monitor (41cm)

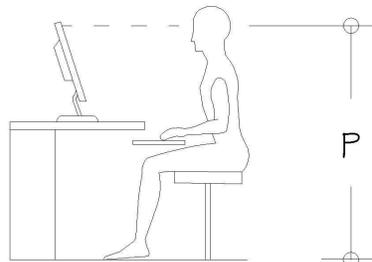


Figura 4-28. Visión normal sentado (P).

Ancho de la bandeja para teclado: 70cm.

- Suma del ancho del teclado y del mouse (52cm)

Ancho de repisas laterales: 75cm.

- Profundidad del CPU (50cm)
- Espacio máximo posible a utilizar en las esquinas del local. (164cm)

Profundidad de repisas laterales: 27cm.

- Ancho del CPU (18.5cm).
- Profundidad de las columnas del local, medidas a partir de la pared (27cm)

Ancho máximo de soportes verticales del plano de trabajo: 45cm.

- Profundidad del plano de trabajo más la bandeja de teclado (80cm) menos 33.7cm

Capítulo 5: Desarrollo de proyecto

5.1 Materiales y procesos

Como base para la elección de materiales de construcción de las propuestas de diseño planteadas, así como de los procesos productivos necesarios, se han determinado los requerimientos materiales y estructurales del mobiliario de trabajo.

- Resistencia al desgaste común por manejo de herramientas pequeñas, equipo de medición y útiles escolares (desgaste por fricción, rayado e impacto).
- Superficie lisa, no reflejante ni brillante. En colores arena, azul o gris claro para el plano de trabajo y negro, azul o gris oscuro para el resto de la mesa.
- Superficie resistente a quemaduras leves ocasionadas por accidentes en el manejo del cautín (promedio de 200°C).
- Superficie antiestática⁵⁸.
- Superficie versátil en cuanto a procesos de maquinado.
- Elementos estructurales resistentes a esfuerzos de compresión y tensión.
- Procesos constructivos simples.
- De fácil limpieza y mantenimiento.
- Tiempo de vida útil promedio de 10 años.

A continuación se ilustra un análisis comparativo entre diferentes materiales estructurales y tipos de cubiertas para determinar los adecuados para el mobiliario de trabajo (tal análisis se reduce a la perspectiva de la aplicación en el mobiliario propuesto).

⁵⁸ Los requerimientos 3 y 4 aplican sólo para la mesa de trabajo.

Requerimiento material	Madera	Perfil de acero	Plástico
Resistencia al impacto	Buena	Alta	Regular
Resistencia a compresión y tensión	Alta	Alta	Buena
Procesos constructivos simples	Alta	Alta	Regular
Facilidad en uniones	Alta	Alta	Buena
Posibilidad de acabados estéticos y durables	Buena	Alta	Alta
Limpieza	Buena	Alta	Alta
Mantenimiento (en caso de dañarse)	Buena	Buena	Regular
Vida útil promedio	Alta	Alta	Buena
Costo	Bajo	Alto	Regular

Tabla 5-1. Selección de materiales de la estructura.

Requerimiento material	MDF con melamina	Neopreno ⁵⁹	Trespa ⁶⁰	Epoxy ⁶¹
Resistencia al impacto	Buena	Alta	Alta	Regular
Resistencia a flexión	Regular	Alta	Alta	Baja
Resistencia al desgaste	Buena	Baja	Alta	Buena
Resistencia a quemaduras leves	Regular	Regular	Alta	Alta
Necesidad de cubrecantos	Si	Si	No	No
Variedad en texturas y colores	Alta	Baja	Buena	Regular
Variedad en espesores	Alta	Baja	Alta	Baja
Resistencia a humedad	Buena	Alta	Alta	Alta
Superficie antiestática	Buena	Alta	Alta	Buena
Peso	Regular	Regular	Alto	Alto
Versatilidad en procesos de maquinado	Alto	Regular	Alta	Buena
Facilidad de montaje	Alta	Alta	Alta	Alta
Limpieza	Alta	Buena	Alta	Alta
Mantenimiento (en caso de dañarse)	Regular	Baja	Regular	Regular
Vida útil promedio	Buena	Buena	Alta	Buena
Costo	Bajo	Regular	Alto	Muy alto

Tabla 5-2. Selección de materiales de las cubiertas.

De los análisis comparativos anteriores se originan las siguientes determinaciones de uso de materiales tanto para el mobiliario de trabajo como para las repisas de pared.

⁵⁹ Goma sintética montada en un bastidor de novopan.

⁶⁰ Superficie de acrílico de uretano con núcleo de resina fenólica reforzado con fibra de celulosa. Ver anexo B.

⁶¹ Cubierta monolítica sólida de resina epóxica modificada y materiales inertes, fundidas en moldes a altas temperaturas.

Elemento	Material	Aplicación
Mesa de trabajo	Perfil de acero	Estructura.
	Trespa	Superficie de trabajo.
	MDF con melamina	Repisa, tablero de instalación eléctrica, cajoneras y cubiertas laterales.
Estación de programación	Perfil de acero	Estructura.
	MDF con melamina	Superficie de trabajo, repisas y cubiertas laterales.
Repisas	MDF con melamina	Repisas, puertas y cajones.

Tabla. 5-3. Materiales elegidos para los diferentes elementos que constituyen el mobiliario.

Para las estructuras de las mesas se ha elegido el perfil de acero estructural básicamente debido a sus cualidades de resistencia y versatilidad constructiva, además de que se ha considerado que la aplicación de pintura electrostática horneada le brinda un acabado estético, resistente y durable.

La superficie Trespa se empleará como superficie de trabajo principalmente debido a sus ventajas de resistencia al desgaste y a quemaduras y a que no requiere cubrecantos para mantener en buen estado los cantos de la superficie, ya que sólo con redondearlos es suficiente para soportar el deterioro común por el roce con equipo y herramientas.

Finalmente, el MDF con melamina se aplicará en aquellos elementos que por su uso, estarán menos expuestos al desgaste y que por tanto requieren menor resistencia.

5.2 Diseño de estructura metálica

Las Figuras 5-1 y 5-2 muestran las estructuras metálicas para la mesa de trabajo y la estación de programación respectivamente. En el diseño de ambas estructuras se enfatizó en la reducción al mínimo posible del número de elementos con la finalidad de reducir peso y cantidad de material requerido.

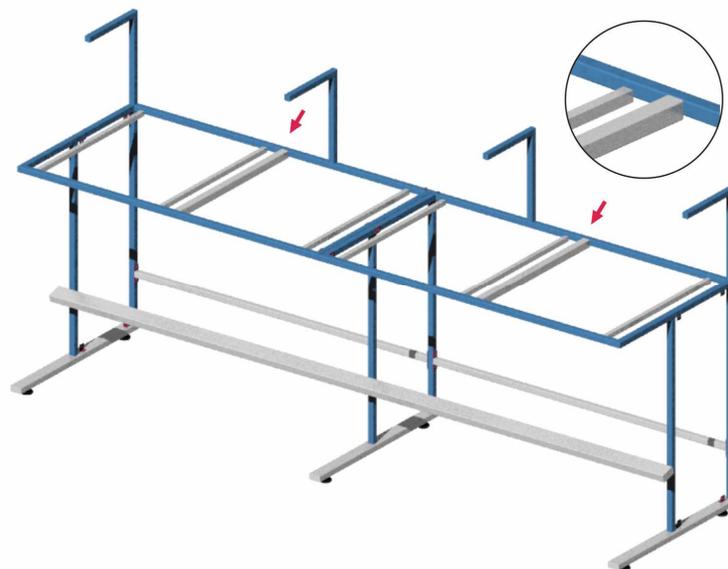


Figura 5-1. Estructura metálica para la mesa de trabajo.

Tomando como principio el mismo criterio, se combinó el uso de perfil de acero estructural (PTR calibre 14) con tubular cuadrado y rectangular (calibre 18), de acuerdo a las necesidades de resistencia y característica de uso de cada elemento de la estructura (más adelante en el análisis estructura se comprobará si tales calibres son correctos). En el caso de la mesa de trabajo, el perfil estructural se encuentra representado en azul y el tubular en gris claro.

Con la finalidad de concentrar todos los esfuerzos en la estructura y no en el plano de trabajo, se agregaron al marco principal apoyos horizontales en los que se colocarán las cajoneras. Dos de estos apoyos (marcados con flechas en la imagen) son elementos de mayor dimensión debido a que además de sujetar las cajoneras, su función es reforzar la base, lo cual es requerido debido a las especificaciones técnicas del material.

En el caso de la mesa de programación debido a que las actividades realizadas en ella no involucran el uso de objetos pesados ni actividad física directamente sobre la superficie, se ha diseñado empleando solamente tubular cuadrado.

Al igual que en la mesa de trabajo, se han agregado apoyos al marco principal para soportar la bandeja del portateclado, así como cuatro más en las laterales como soporte para las repisas.



Figura 5-2. Estructura metálica para la estación de programación.

5.3 Análisis estructural

Con el objetivo de determinar si el diseño de las estructuras metálicas es adecuado en cuanto a la disposición de sus elementos y a los calibres metálicos propuestos, respecto a las cargas estáticas que deben soportar, se realizó un análisis estructural mediante el método de elementos finitos a través de la herramienta Cosmoworks® del software Solidworks®.

Para el análisis de la mesa de trabajo se emplearon los siguientes parámetros:

- Material: Acero AISI 1020.
- Perfil cuadrado de 1 in calibre 14(1.94mm).
- Perfil cuadrado de 3/4in, 1 in y 1 1/4in calibre 18 (1.25mm).
- Perfil rectangular de 2 x 1 in y de 2 1/2 x 1 1/4in calibre 18.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Módulo cortante	7.7e+010	N/m ²
Densidad	7 900	kg/m ³
Límite de tracción	4.2051e+008	N/m ²
Límite elástico	3.5157e+008	N/m ²

Tabla 5-4. Propiedades mecánicas del acero AISI 1020.

- Carga total de 590kg, distribuida de la siguiente forma (todas las cargas fueron distribuidas uniformemente, ver Figura 5-3):
- 60kg en los apoyos de la repisa (10kg para cada extremo y 20kg para los apoyos intermedios).
- 310kg en el marco principal del plano de trabajo (equivalente al peso de 4 personas de 75kg).
- 100kg en el apoyo para pies.
- 15kg por cada apoyo para las cajoneras.
- Restricciones en los soportes de la mesa simulando vigas simplemente apoyadas.

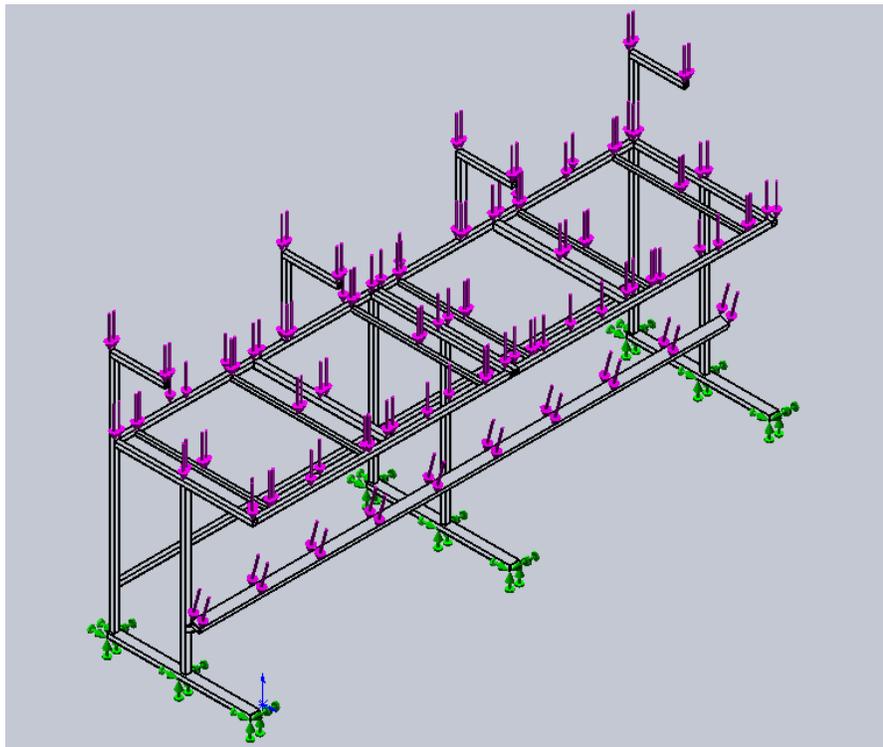


Figura 5-3. Distribución de cargas y restricciones en estructura de mesa de trabajo.

La Figura 5-4 y la Tabla 5-5 muestran los resultados en particular para el análisis de tensiones. Los puntos con mayor tensión (en color verde) coinciden con aquellos en donde las deformaciones son mayores y el factor de seguridad tiene su valor mínimo.

Ya que la tensión máxima no sobrepasa el límite elástico y la deformación unitaria máxima es muy pequeña y considerando que las cargas asignadas a cada elemento rebasan lo que en una situación normal de uso se aplicaría realmente a la mesa de trabajo, se concluye que el diseño estructural es adecuado.

Cabe mencionar que el factor de seguridad medio equivale a 3.6, y a pesar de que el factor de seguridad mínimo es de 0.95, se ha considerado válido debido a que se presenta sólo en dos puntos y bajo cargas extremas⁶².

Propiedad	Valor		Unidades
	Mín.	Max.	
Tensión	488.566	3.462e+008	N/m ²
Deformación unitaria	2.468e-009	0.0012402	-
Masa	36.95		kg
Volumen	0.004677		m ³
Factor de seguridad min.	0.95		-

Tabla 5-5. Resultados del análisis estructural para la mesa de trabajo.

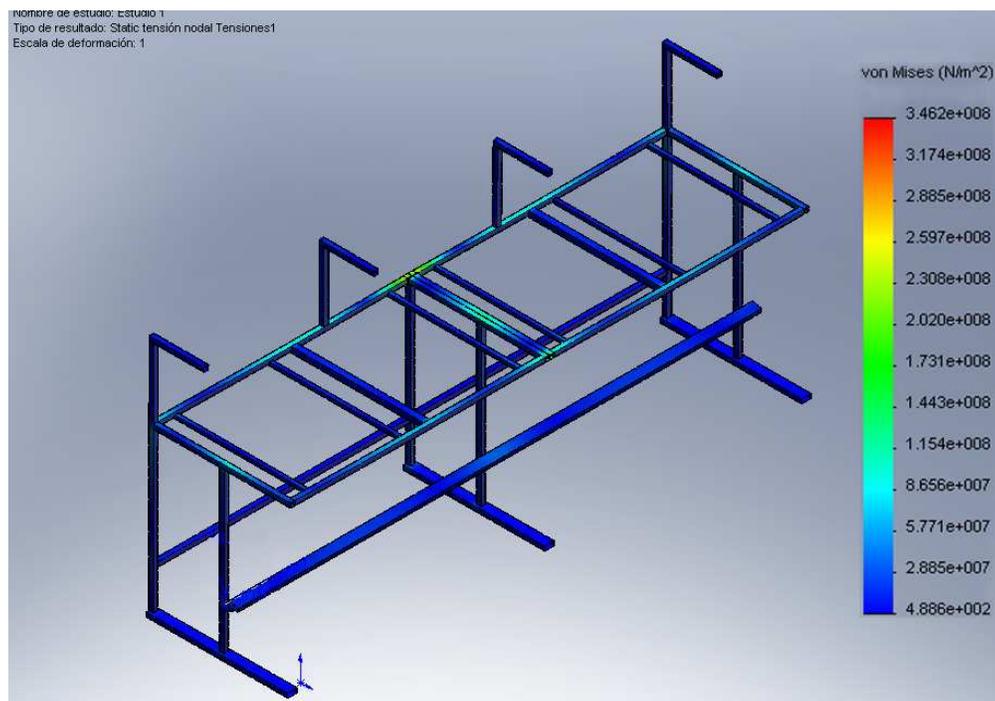


Figura 5-4. Análisis de tensiones para estructura de mesa de trabajo.

⁶² Como lo muestra la figura 5-4, los puntos en donde el factor de seguridad es mínimo corresponden a los puntos críticos que se encuentran sobre el marco principal (en color amarillo) y la denominación de cargas extremas se refiere a una situación en que se colocaran 300kg sobre la superficie del plano de trabajo (equivalente a 4 personas de 75kg cada una).

Capítulo 5

En cuanto al análisis estructural de la mesa de programación, se emplearon los siguientes parámetros:

- Material: Acero AISI 1020.
- Perfil cuadrado de 3/4in y 1in 18 (1.25mm).
- Perfil rectangular de 2 x 1in calibre 18.
- Carga total de 230kg, distribuida de la siguiente forma (todas las cargas fueron distribuidas uniformemente, ver Figura 5-5):
- 140kg en el marco principal del plano de trabajo (equivalente al peso de 2 personas de 70kg).
- 30kg en los apoyos de la bandeja del teclado (15kg para cada apoyo).
- 30kg en cada repisa (15kg para cada apoyo).
- Restricciones en los soportes de la mesa simulando vigas simplemente apoyadas.

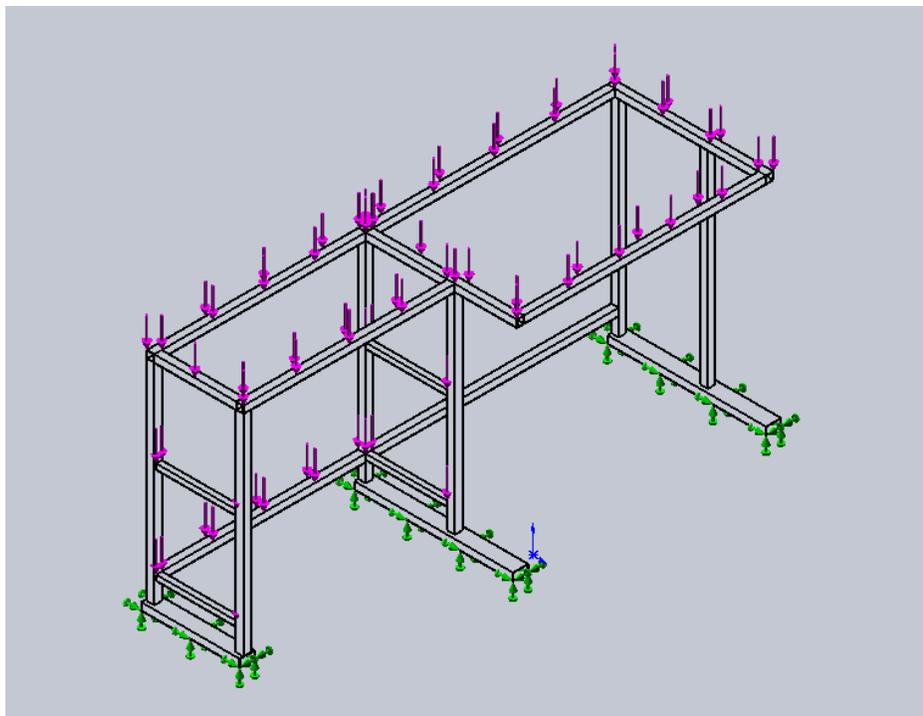


Figura 5-5. Distribución de cargas y restricciones en estructura de mesa de programación.

Propiedad	Valor		Unidades
	Mín.	Max.	
Tensión	92.394	5.675e+007	N/m ²
Deformación unitaria	2.759e-010	0.0002248	-
Masa	11.6258		kg
Volumen	0.001471		m ³
Factor de seguridad min.	6.2		-

Tabla 5-6. Resultados del análisis estructural para la estación de programación.

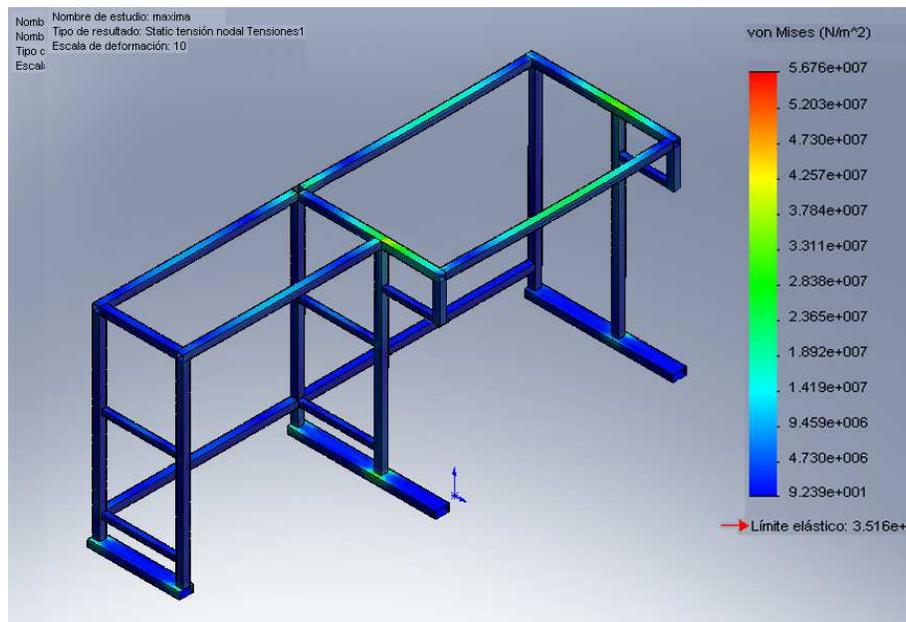


Figura 5-6. Análisis de tensiones para estructura de mesa de programación.

En base a los resultados, al igual que en el caso de la mesa de trabajo, la estructura para la mesa de programación satisface los requerimientos en cuanto a la resistencia de cargas.

5.4 Selección de elementos constructivos, acabados y aditamentos.

Con el objetivo de elegir todos los elementos necesarios para la construcción de las mesas de trabajo, las repisas de pared y el sujetador de hojas, así como acabados (pintura, cubrecantos, jaladeras, etc.) y aditamentos se realizó un compendio de catálogos impresos y en línea para analizar diversos productos existentes en el mercado.

La selección se basó en criterios de funcionalidad, calidad, estética, disponibilidad y costos, principalmente. A continuación, se desglosa la selección del soporte para circuitos y de la luminaria suplementaria para las mesas de trabajo, ya que por ser aditamentos para las mesas de trabajo, son elementos relevantes. El resto de materiales requeridos, se incluirá como parte de la solución final, una vez que se haya realizado la evaluación del modelo funcional.

5.4.1 Elección de soporte para circuitos

Derivado del análisis de tareas de los usuarios del laboratorio realizado en el segundo capítulo y de la evaluación de las propuestas de diseño de la mesa de trabajo, se concluyó que para el desarrollo de actividades de ensamblaje y soldadura de circuitos, es necesario contar con un dispositivo que le permita al usuario mantener una postura erguida en espalda y cuello al mismo tiempo que tiene alcance pleno con sus manos para ejecutar sus tareas.

A grandes rasgos, el ensamblaje de circuitos en tarjetas de prueba consiste en insertar los componentes dentro de los orificios de la tarjeta, para lo cual no se utiliza ninguna herramienta aparte de pequeñas pinzas de corte para trozar y limpiar los cables de conexión. La actividad de soldadura consiste en aplicar soldadura de estaño entre el componente y la placa de cobre por medio de un caudín, para generar una unión. Por otra parte desoldar consiste en retirar el estaño de un componente

Capítulo 5

adherido a una placa, generalmente primero se funde el estaño con el caudín y los residuos se retiran con el extractor.

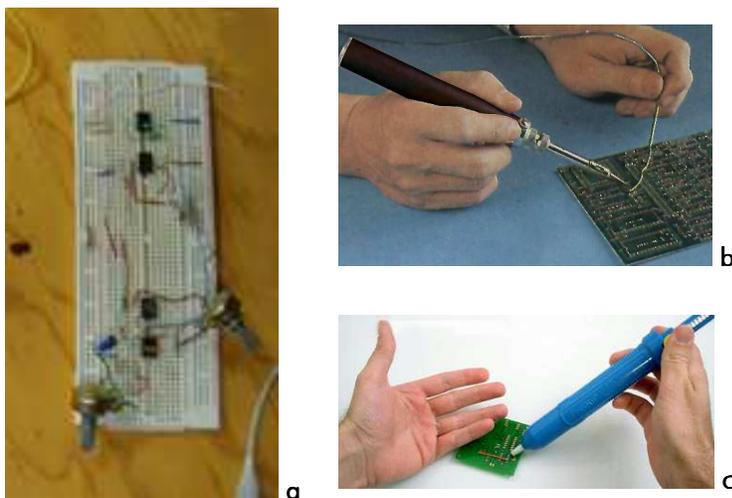


Figura 5-7. Tarjeta de prueba (a), aplicación de soldadura (b) y extracción de soldadura (c).
(Fuente: Roburn Company, Ltd.)

A continuación se describen las principales características de las tareas analizadas. Los calificativos corresponden a la comparación realizada entre ambas actividades.

	Ensamble de circuitos en tarjetas de prueba (protoboard)	Soldadura y desoldadura de componentes en circuitos impresos (en placa de cobre)
Precisión requerida	Menor precisión ya que los elementos encajan en orificios ya determinados.	Alta precisión en la ubicación exacta del componente y el empleo del caudín.
Agudeza visual requerida	Regular para distinguir los componentes y su ubicación.	Alta, al momento de aplicar la soldadura.
Fuerza requerida	Cierta opresión hacia la tarjeta al momento de encajar cada componente en su superficie. Regular en actividades de corte y extracción de cables.	Alta opresión contra la placa en algunas ocasiones, al emplear el extractor de soldadura.
Cara del circuito empleada	Sólo se trabaja con la cara superior de la tarjeta	Se trabaja con ambas caras de la placa, por una cara se sujeta el componente y por el reverso, se solda con el caudín.
Necesidad de movilidad del circuito	Alta, el usuario generalmente toma la tarjeta en diferentes posiciones para encajar los componentes, o bien para conectar y desconectar cables del equipo de medición.	Baja, regularmente se mantiene el circuito en una sola posición, aunque modificar el ángulo de inclinación de la placa facilita la actividad.
Frecuencia de ejecución de la actividad	Alta, constantemente en cada práctica a realizar se manejan protoboards.	Baja, sólo en prácticas de final de curso.

Tabla 5-7. Características de las tareas de ensamble y soldadura de circuitos.

A partir de las comparaciones anteriores se evaluaron diferentes soportes existentes en el mercado, con la finalidad de determinar si resultan adecuados para la ejecución de ambas tareas.

Fabricante: STEREN, modelo HER-700

Fuente: Steren

- Miniaril para circuitos impresos.
- Descripción: Base metálica con lupa de cristal de 2.5 dioptrías y brazos con cocodrilos adaptables. Posición e inclinación regulable en brazos y lupa. Altura no regulable.
- Dimensión de la base: 4cm x 5cm.
- Altura máxima: 14cm (de la superficie a la punta de los caimanes levantados).
- Peso: 0.5kg.
- Dimensión del eje de los caimanes: 14cm.

Fabricante: Panavise, modelo 315

Fuente: Panavise

- Soporte de circuitos impresos.
- Descripción: Base metálica con cabezal provisto de brazos metálicos para soporte a presión. Posición e inclinación regulable de brazos por medio de un eje con resorte. Altura regulable.
- Dimensión total de la base: 17.4cm x 19cm, altura máxima: 27.6cm.
- Peso: 2.8kg.
- Abertura máxima de brazos: 30.4cm. Sujeta máximo placas de 4mm de espesor.

Fabricante: Panavise, modelo 376

Fuente: Panavise

- Tornillo de banco profesional universal
- Descripción: Tornillo de banco metálico con cabezal giratorio. Base con posibilidad de sujetarse por medio de tornillos. Altura no regulable.
- Dimensión de la base: 11cm de diámetro.
- Altura máxima: 20.1cm.
- Peso: 2.1Kg.
- Abertura máxima de mordazas: 22.8cm.
- Dimensión de mordaza: 4.7cm x 3.8cm.

Fabricante: Velleman Inc., modelo VTTV

Fuente: Velleman Inc.

- Tornillo de banco profesional universal
- Descripción: Tornillo de banco metálico con cabezal giratorio. Pivotante en cualquier dirección. Base con ventosa, funciona sólo en superficies planas. También puede fijarse con tornillos. Cubiertas de mordazas intercambiables. Altura no regulable.
- Altura máxima: 21cm.
- Peso: 1.7 Kg.
- Abertura máxima de mordazas: 7cm.
- Ancho de mordaza: 7.5cm.

Fabricante: Velleman Inc., modelo VTTV2

- Tornillo de banco profesional universal
- Descripción: Tornillo de banco metálico con cabezal giratorio de 270°. Sistema de abrazadera para fijación a la superficie. Altura no regulable.
- Altura total: 30.5cm.
- Peso: 1.6Kg.
- Abertura máxima de mordazas: 75cm.

Tabla 5-8. Soportes comerciales para actividades de soldadura y ensamble de circuitos.

Soporte	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> • La placa puede rotarse en diferentes ángulos. • Integra una lupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Los caimanes no soportan mucho peso ni sujetan firmemente placas con espesor mayor a 5mm. • Las uniones de los caimanes al eje son frágiles, por lo que la placa se mueve fácilmente si se genera presión contra ella. • El tamaño de la placa se limita a la abertura máxima entre los caimanes.
	<ul style="list-style-type: none"> • La altura puede regularse. • Mantiene la placa sujeta con buena estabilidad y puede rotarse en diferentes ángulos. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que la rotación del cabezal se genera por medio de un resorte y no tiene un seguro, al momento de ejercer presión contra la placa su ángulo de inclinación se modifica fácilmente. • El tamaño y espesor de la placa se limitan a la abertura máxima entre los brazos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Puede sujetar placas de muy diversos tamaños y espesores. • Mantiene la placa sujeta con buena estabilidad y puede rotarse en diferentes ángulos. • La placa se mantiene en un mismo ángulo de inclinación gracias al seguro en la base giratoria. 	<ul style="list-style-type: none"> • La altura no puede regularse. • La base se sujeta por medio de tornillos, por lo que requiere una superficie con perforaciones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Puede sujetar placas de muy diversos tamaños y espesores. • Mantiene la placa sujeta con buena estabilidad y puede rotarse en diferentes ángulos. • La placa se mantiene en un mismo ángulo de inclinación gracias al seguro en la base giratoria. • Cuenta con recubrimientos para las mordazas intercambiables. • La base posee ventosa que le permite sujetarse a la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> • La altura no puede regularse.
	<ul style="list-style-type: none"> • Puede sujetar placas de muy diversos tamaños y espesores. • Mantiene la placa sujeta con buena estabilidad y puede rotarse en diferentes ángulos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La altura no puede regularse. • La base se sujeta por medio de abrazadera, por lo que sólo puede ubicarse en el borde de la mesa.

Tabla 5-9. Ventajas y desventajas de soportes para actividades de soldadura y ensamble de circuitos.

La Tabla 5-9 integra las ventajas y desventajas que se observaron en cada soporte, en base a este análisis y al de las características de las tareas a realizar, se generaron las siguientes conclusiones.

- Los modelos HER-700 y Panavise 315 corresponden a soportes diseñados especialmente para soldar circuitos, por lo tanto resultan suficientes para esta tarea, sin embargo no pueden utilizarse satisfactoriamente para ensamblar circuitos en tarjetas de prueba.

- En el caso del modelo HER-700, se considera que es el menos funcional de los modelos analizados debido a la fragilidad de los caimanes, su altura baja y no regulable y a su ligereza (en algunas ocasiones en que el componente está adherido fuertemente, al desoldar circuitos se ejerce cierta fuerza contra la placa, por lo que se requiere que el soporte se sujete a la base o al menos que tenga un peso considerable que le brinde mayor estabilidad).
- Los tornillos de banco analizados aunque no han sido diseñados en particular para cierta tarea, pueden adaptarse a las actividades de soldadura y desoldadura ya que proporcionan gran estabilidad a la placa por su mecanismo de sujeción con mordazas, al mismo tiempo que son versátiles en cuanto al cambio de inclinación.
- Aunque los tornillos de banco no pueden regular su altura, su altura resulta adecuada para el trabajo manual, ya que se encuentra dentro del rango de alcance funcional del antebrazo de los percentiles 5-50 (14.2 – 22.8cm), con lo cual se asegura que el usuario pueda mantener sus codos apoyados en la superficie de la mesa mientras manipula los objetos con sus manos. Además de que hay que considerar que el ángulo de rotación del cabezal permite modificar la altura a la que se ubica la placa una vez sujeta.
- Para que la acción de desoldar se desempeñe óptimamente es deseable que el soporte se sujete a la superficie para evitar que se deslice debido a la presión ejercida contra la placa. En este sentido se ha preferido el sistema de ventosa que no limita la ubicación del soporte como es el caso de las abrazaderas o de los tornillos, que además requieren perforar la superficie.

Finalmente aunque todos los modelos pueden satisfacer en general la actividad de soldadura, se consideró que el modelo VTTV de tornillo de banco se adecua en mejor manera al desarrollo de las tres actividades planteadas, siendo su base de ventosa su principal ventaja frente a los otros modelos de tornillo de banco.

5.4.2 Elección de iluminación

Para determinar el nivel de iluminación requerido en el puesto de trabajo en el LEA se analizaron los siguientes factores:

- Tamaño de las piezas manipuladas por el usuario: los alumnos utilizan principalmente dos tipos de objetos, algunos de tamaño medio como calculadora, pinzas de corte, multímetro y caufín y otros de dimensiones pequeñas, básicamente componentes electrónicos como resistencias, leds, transistores entre otros. En este último caso las piezas más pequeñas oscilan en un rango de 6 a 10mm, así como cables con espesores cercanos a 1mm.
- Precisión requerida en la tarea: el ensamble de circuitos en tarjetas de prueba así como la soldadura de componentes en circuitos montados en placas de cobre son tareas que requieren precisión alta tanto manual como visual debido al tamaño de las piezas manipuladas y a que los componentes deben ubicarse en una posición bien específica. En cuanto a las estaciones de programación de circuitos no se requiere ninguna precisión debido a que la tarea se reduce al trabajo con computadoras personales.
- Velocidad a la que se realiza: debido a que las tareas realizadas por los alumnos no forman parte de una labor seriada (como lo hacen empleados de la industria de ensamble de productos electrónicos), la velocidad con la que ejecutan sus prácticas es despreciable y depende directamente de sus propósitos particulares.

Capítulo 5

- Contraste entre las piezas: en general en los componentes electrónicos predominan colores oscuros como negro, gris y café y colores fuertes (no pasteles) como rojo, azul rey y naranja, característica que se repite en la herramienta utilizada, por otro lado la tarjeta de pruebas es blanca por tanto, el contraste que se genera es alto. En las estaciones de programación, el contraste de fondo lo brindará la superficie de la mesa, lo cual no representa alguna complicación debido al tamaño de los elementos de la computadora (monitor, teclado, etc.).
- Disposición en el espacio de las piezas, herramientas y equipo utilizado: el equipo de medición se ubicaría en la repisa de la mesa de trabajo mientras que las piezas y herramientas se manipularían en el plano de trabajo de la mesa. Todos los objetos tanto en las mesas de trabajo como en las estaciones de programación se ubicarían al frente del usuario.
- Reflejo de la superficie de trabajo: no existen reflejos molestos debido a que los materiales de construcción del local así como el equipo manejado en el laboratorio poseen acabados mate. Al momento de definir los materiales de la mesa de trabajo, se considerará que las superficies mantengan esta característica.
- Presencia de luz natural: el laboratorio cuenta con tres ventanas de gran tamaño, por tanto recibe buena cantidad de luz natural.

A partir del análisis anterior se determinaron los siguientes parámetros de iluminación:

1. Es necesaria la implementación de dos sistemas de iluminación, uno general que conjugue la iluminación natural con la artificial para iluminar todo el local, y otro de iluminación suplementaria en las mesas de trabajo, ya que el tamaño de las piezas y la precisión requerida así lo sugieren. En cuanto a las estaciones de programación, ya que la actividad que realizan los alumnos no implica trabajo constante con documentos y captura de datos, no es necesario agregar luminarias suplementarias.
2. De acuerdo a la norma europea CEN-TC169 (ver Tabla 3-1) los niveles de iluminación para el LEA son los siguientes:
 - 500 - 1 000 lux en iluminación general (Tareas con necesidad visual normal).
 - 3 000 - 5 000 lux en iluminación suplementaria (Tareas prolongadas que requieren precisión como minielectrónica y relojería).
3. En relación a los niveles de iluminación establecidos, los valores de temperatura de color adecuados son los siguientes (ver Figura 3-2):
 - De 4000 °K en adelante para la iluminación general.
 - De 4500 °K en adelante para la iluminación suplementaria.
4. El IRC en las lámparas elegidas para ambos sistemas de iluminación debe ser mayor a 80.

Sistema de iluminación general

Como punto de partida se ha tomado el sistema de iluminación general. Tal sistema ya se encuentra instalado en el laboratorio, por lo que sólo se revisará si cumple con los requerimientos establecidos, para que en caso de que no sea así se busque como corregir sus deficiencias.

Para tal efecto se empleará el método de los lúmenes ya descrito anteriormente en el apartado de iluminación del capítulo 3.

La iluminación general instalada en el LEA se integra por ocho luminarias de rejilla, cada una con dos lámparas fluorescentes U-BENT de la compañía Philips con las siguientes características:

Watts	Temperatura (°K)	Flujo luminoso (lum)		Tiempo de vida (hrs)		IRC
		Inicial	Promedio	3 hrs. encendido	12 hrs. encendido	
32	4100	2800	2 535	20 000	24 000	85

Tabla 5-10. Características de la luminaria U-BENT. (Fuente: Catálogo de productos Philips 2008)

A continuación se desarrolla el cálculo de las diferentes variables para el laboratorio:

Dimensiones del local: 5.64 m ancho; 7.84m largo; 3.15 m altura.

$$RL = \frac{(5.64)(7.84)}{3(5.64 + 7.84)} = 1.09$$

A tal valor de RL corresponde un CU de 0.76⁶³ que se determinó considerando que la luminaria es directa y extensiva⁶⁴, con valores de reflexión aproximados de 0.8 en techos, 0.8 en pared y 0.3 en techos.

El valor del FM se determinó como 0.8, debido a la alta calidad de las lámparas U-BENT y a que el laboratorio cuenta con buena limpieza y mantenimiento.

El nivel de iluminación con que cuenta actualmente el local está dado por la siguiente expresión

$$E = \frac{(\phi)(CU)(FM)}{S} = \frac{(2 \times 8 \times 2535 \text{ lum})(0.76)(0.8)}{(5.64 \text{ m})(7.84 \text{ m})} = 557.71 \text{ lum/m}^2$$

Tomando en cuenta que las luminarias del laboratorio están bien distribuidas cubriendo de manera uniforme todo el techo, el nivel de de iluminación de 557.7 lux es correcto ya que se encuentra dentro del rango establecido en los requerimientos. Por tanto, no es necesario realizar modificaciones al sistema de iluminación general. Por otra parte, es benéfico que las ventanas mantengan abiertas sus cortinas para mejorar la atmósfera de trabajo, aprovechando que su ubicación no ocasionaría reflejos en las pantallas de las computadoras.

Sistema de iluminación suplementaria

Para la elección de la luminaria y lámpara para la mesa de trabajo, se analizaron las soluciones más comunes que ofrece el mercado para iluminación suplementaria empleada principalmente en oficinas, áreas de estudio y en industria.

A continuación se describen tres tipos de luminarias analizadas que pudieran adecuarse a las actividades de los alumnos en el LEA.

Opción 1: Luminarias de escritorio

Sin duda son las luminarias más utilizadas con el objetivo de proporcionar luz suplementaria en actividades de lectura y dibujo principalmente. Existe una gran variedad de diseños que emplean diversos materiales, estilos y formas. Las más sofisticadas integran lupas a su estructura. Básicamente

⁶³ Ver tabla 2 en anexo C

⁶⁴ Ver tabla 1 en anexo C

Capítulo 5

pueden ser de dos tipos de sujeción, ya sea con una base (Figura 5-8-a) o con mordaza (Figura 5-8-b), la cual permite que se sujeten a la superficie por medio de un mecanismo a presión. Aunque existen luminarias que sólo tienen la pantalla dirigible (Figura 5-8c), la mayoría poseen además brazos articulados que le proporcionan a la luminaria mayor alcance y versatilidad de posición (Figura 5-7a, b). Dependiendo de su diseño pueden ser muy ligeras o de un peso considerable. Generalmente emplean lámparas incandescentes y fluorescentes compactas de diversas potencias.

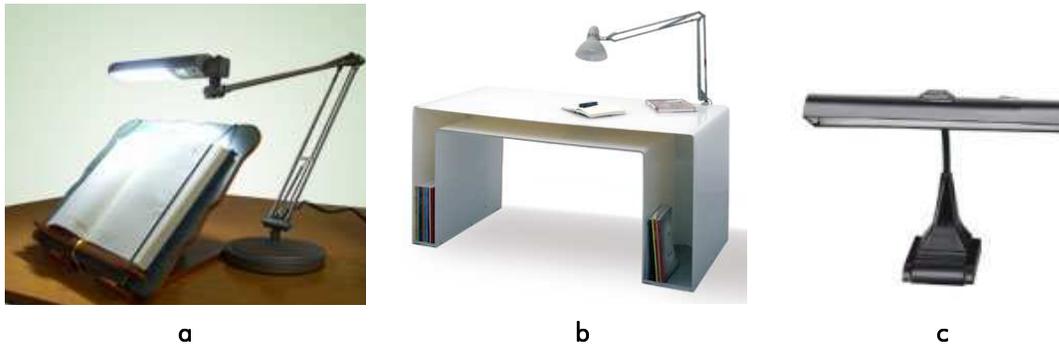


Figura 5-8. Ejemplos de luminarias de escritorio. (Fuente: www.minuja.com)

Opción 2: Reflectores

Actualmente este tipo de luminarias son muy empleadas en oficinas y áreas industriales principalmente, debido a que proporcionan gran flujo luminoso, pudiendo ser intensivo o extensivo dependiendo de las características de diseño del reflector. Existen reflectores para empotrar (Figura 5-9a, c) o de suspensión (Figura 5-9b). Hay gran variedad en cuanto al sistema en que proyectan la luz, teniendo pantallas de acrílico (Figura 5-9c), cristal o rejillas y láminas de aluminio (Figura 5-8b), entre otras. Generalmente su longitud es mayor a 1.20m, por lo que se utilizan para iluminar áreas grandes. Emplean principalmente lámparas fluorescentes lineales de gran potencia.

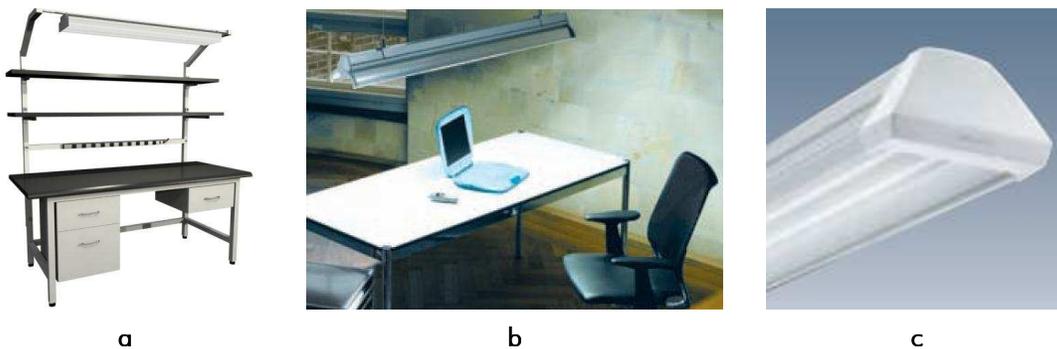


Figura 5-9. Ejemplos de reflectores

Opción 3: Regletas

Las regletas son luminarias que consisten en una base y en una pantalla. La base puede ser plástica o metálica y contiene la lámpara permitiendo a su vez el empotramiento en alguna superficie plana. La pantalla generalmente de policarbonato o cristal funciona como difusor de la luz. Su aplicación es principalmente doméstica y de oficina debido a que son ligeras, delgadas y en tamaños regularmente de 45 a 120cm de largo. Las regletas son muy fáciles de instalar, ocupan poco espacio y pueden ser fijas (Figura 5-9a, b) o dirigibles (Figura 5-9c). Emplean lámparas fluorescentes lineales de diversas potencias.

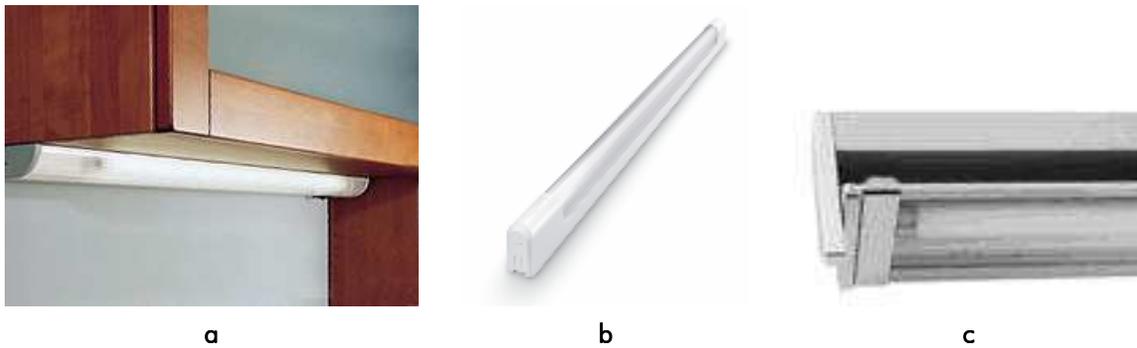


Figura 5-10. Ejemplos de regletas. (Fuente: Cymisa y Tecno Lite)

Las tres opciones de luminarias ya descritas se analizaron en cuanto a las ventajas y desventajas que representaría su aplicación en la mesa de trabajo propuesta para el LEA, para elegir de esta forma la más conveniente (Tabla 5-11).

	Ventajas	Desventajas
Opción 1 De escritorio	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ubicarse en cualquier lugar dentro del área de trabajo (siempre y cuando la repisa no sea un obstáculo). • Si tiene brazo articulado el usuario puede tenerla en la posición e inclinación que desee según lo requiera y así controlar las sombras y la intensidad luminosa. • Su instalación y mantenimiento son sencillos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su haz de luz es intensivo, por lo que después de un uso prolongado la diferencia de iluminación con el resto de la superficie llega a ser molesta. • Puede convertirse en un objeto estorboso, debido a que ocupa un espacio considerable y generalmente los brazos articulados son amplios.
Opción 2 Reflectores	<ul style="list-style-type: none"> • Una sola luminaria puede abarcar gran área de trabajo, debido a su tamaño, potencia y haz extensivo. • No ocupan espacio dentro del área de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debido a la existencia de la repisa que contiene el equipo de medición y a la inclinación de cabeza y cuello que realizan los usuarios hacia al frente para realizar sus actividades, se generarían sombras proyectadas sobre el plano de trabajo. • Su posición e inclinación no son regulables. • Su instalación y mantenimiento pueden dificultarse debido a la altura que requiere su ubicación.
Opción 3 Regletas	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen un haz extensivo que genera un nivel de iluminación homogéneo en toda la superficie. • Si es dirigitible, el usuario puede colocarla en la inclinación que desee. • Ya que se ubicaría a la altura de la repisa, no ocuparía espacio en el área de trabajo y no provocaría sombras por la repisa o por el cuerpo del usuario. • Su instalación y mantenimiento son sencillos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su posición no es regulable.

Tabla 5-11. Ventajas y desventajas de las opciones de luminarias analizadas.

Capítulo 5

En base a este análisis se consideró que la opción del uso de reflectores no sería efectiva, mientras que el empleo de una luminaria de escritorio requeriría de una adaptación para buscar la forma en que el espacio que emplea sea mínimo y así subsanar esta desventaja, sin embargo, la característica del haz intensivo sigue representando un inconveniente importante.

Finalmente, la aplicación de una regleta es la opción que representa más ventajas, además de ser una solución práctica y económica. Si bien, una vez colocada su posición no podrá ser regulada por el usuario, esto no representa una desventaja importante debido a que por ser extensiva proporcionaría iluminación de manera homogénea en toda el área, disminuyendo con esto la necesidad del usuario de modificar su posición, aunado a ello, si la lámpara es dirigible, el usuario tiene el beneficio de regular la intensidad de la luz.

Considerando entonces que una regleta es la luminaria adecuada para la mesa de trabajo, se seleccionó el siguiente modelo de luminaria.



Figura 5-11. Luminaria tipo regleta para iluminación suplementaria. (Fuente: Tecno Lite)

Por otra parte, como complemento a la luminaria elegida se observaron lámparas fluorescentes de diferentes marcas que fueran compatibles con la luminaria seleccionada, observando que se apegaran en lo posible a los parámetros establecidos. La siguiente tabla muestra la lámpara elegida.

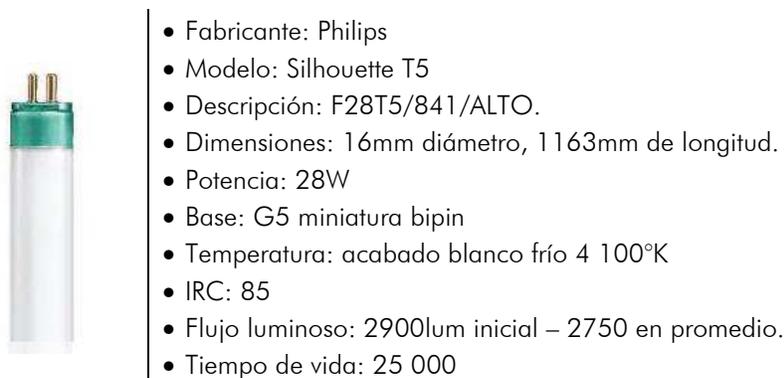


Figura 5-12. Lámpara fluorescente para luminaria suplementaria. (Fuente: Philips)

A pesar de que no proporciona el flujo luminoso de 3000lum requeridos, se determinó que es viable debido a que no se encontró en el mercado ninguna otra que con esas dimensiones y potencia brindara un flujo luminoso mayor a 2900lum. Por otra parte, su temperatura es menor a 4500°K, pero ya que cuenta con un IRC de 85, permite que la calidad cromática de la luz sea adecuada.

Capítulo 6: Evaluación

6.1 Modelos

Con el objetivo de evaluar la propuesta de diseño en condiciones reales de uso y de esta forma detectar errores, se elaboró un modelo funcional de un módulo de trabajo. La construcción de un sólo módulo, se debe a que la mesa de trabajo es en sí cuatro veces la repetición de éste y por tanto, se consideró innecesario fabricar la mesa completa.

Las siguientes imágenes, muestran los principales dibujos constructivos empleados para la realización del modelo.

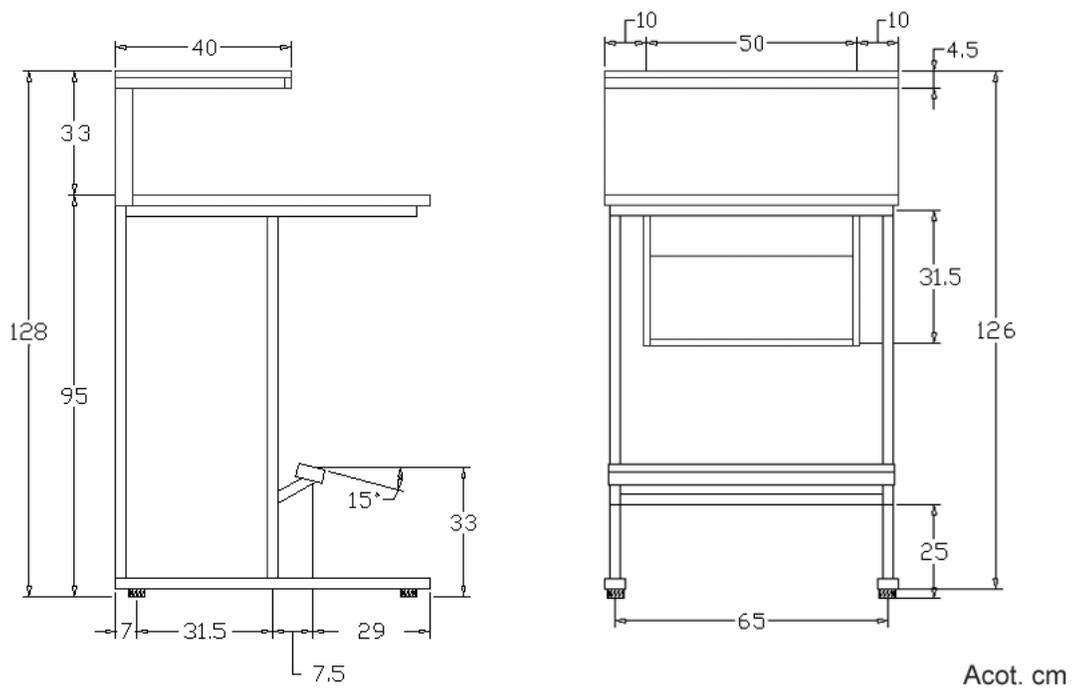


Figura 6-1. Vistas lateral y frontal de modelo funcional.

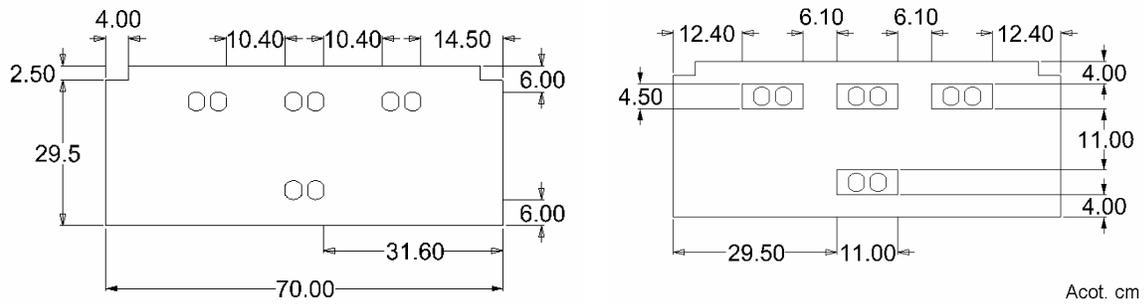


Figura 6-2. Vistas frontal y posterior de tablero eléctrico.

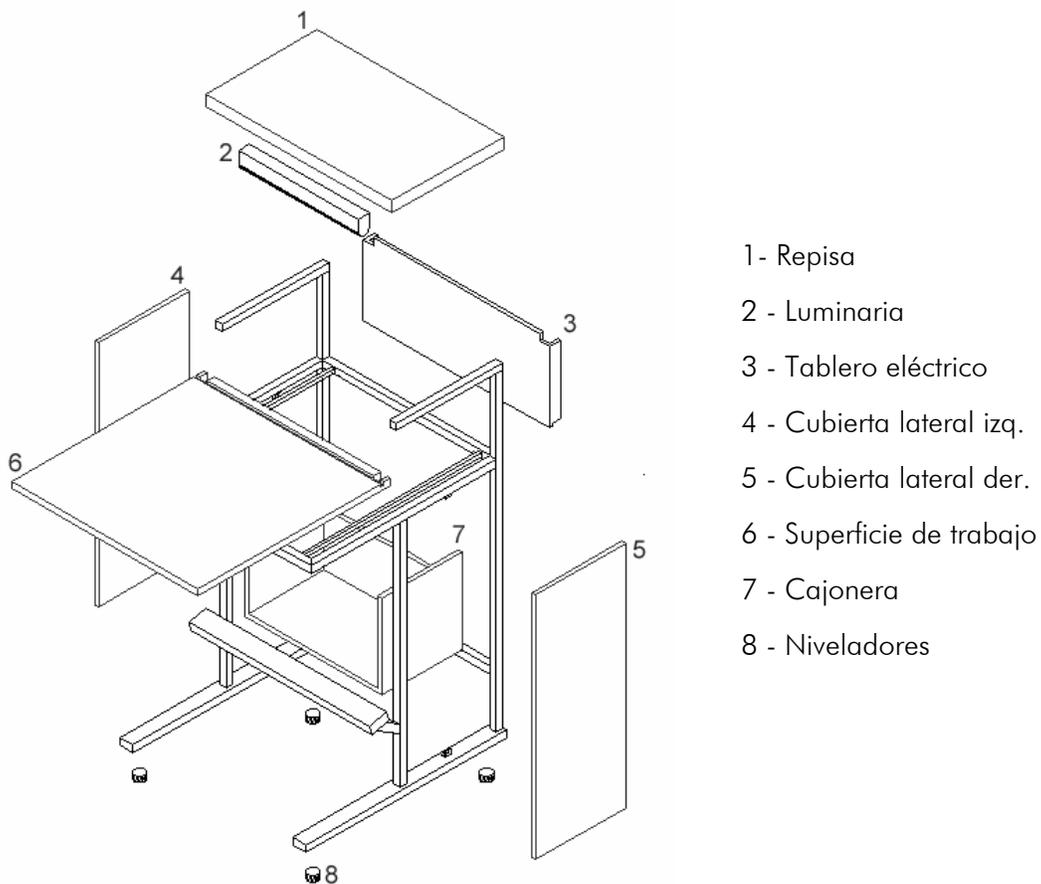


Figura 6-3. Explosivo de modelo funcional.

Por otra parte, al no contar con el tornillo de banco para corroborar los posibles beneficios en la postura del usuario mientras lo utiliza, se construyó un pequeño atril como soporte de las tarjetas de prueba; el cual permitió evaluar la posición de espalda, cuello y brazos del usuario.

El atril propuesto, se compone principalmente por una base para colocar el circuito y un soporte tubular. La base tiene la posibilidad de modificar su ángulo de inclinación utilizando un tornillo como seguro; de la misma forma la altura se puede regular al extraer el tubo hacia arriba.



Figura 6-4. Propuesta de diseño para soporte de tarjetas de prueba.

A continuación se describe el modelo elaborado, en general cuenta con los principales materiales y acabados elegidos para conformar la propuesta final de diseño, sin embargo algunos de los elementos no corresponden a la selección realizada, y se encuentran sustituidos por otros de menor calidad en cuanto a durabilidad y resistencia, pero no por ello son menos útiles, por lo que fueron adecuados para la evaluación del modelo que se centró principalmente en consideraciones ergonómicas y funcionales.

Todo el proceso constructivo se llevó a cabo en las instalaciones y equipo de los talleres de metales y maderas de la Universidad.



Figura 6-5. Mesa de trabajo: estructura y modelo terminado.

La estructura se construyó con los mismos perfiles y calibres descritos en el apartado de análisis estructural, empleando soldadura de arco en todas las uniones. Se integraron a la estructura las bases de las correderas, las placas para sujetar las caras laterales y los niveladores de plástico. Como acabado se aplicó pintura electrostática negro mate.

Capítulo 6

Todas las superficies se realizaron en MDF de 12mm con laminado de melamina negro mate y en el plano de trabajo en diseño maple. En las caras posteriores de las cubiertas laterales, el plano de trabajo y la repisa, así como la tapa del tablero, se utilizó pintura vinílica negro mate.

La cajonera también armada con MDF laminado, tiene ensambladas las correderas y una jaladera de madera. La tapa del tablero incluye dos jaladeras para manipularlo y el orificio, permite la salida de los cables de alimentación del tablero.

La luminaria se encuentra fija a la cara posterior de la repisa con el apagador inserto en el borde frontal de ésta, su alimentación depende de la hilera superior de los contactos eléctricos. Finalmente el apoyo para los pies fue forrado con cubierta plástica antiderrapante.



Figura 6-6. Detalles de modelo de mesa de trabajo.

Para la construcción del tablero eléctrico, se realizó un maquinado empleando la fresadora de control numérico, con la finalidad de conseguir un buen empalme entre la superficie y los contactos. Las siguientes imágenes muestran el tablero maquinado antes y después del ensamble de los componentes eléctricos.

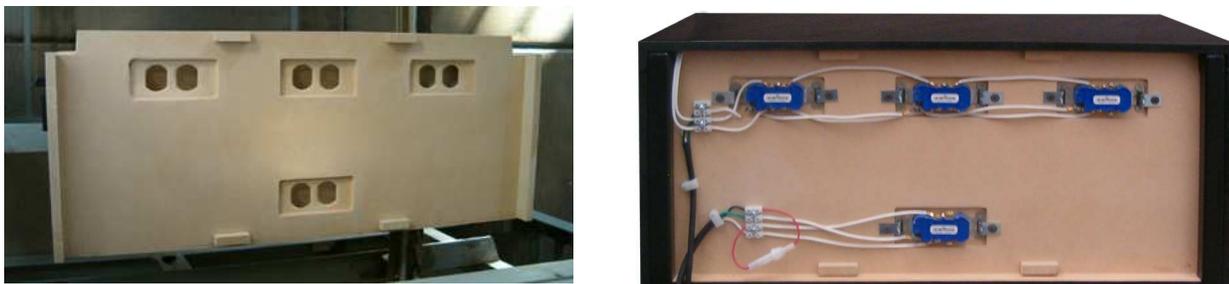


Figura 6-7. Tablero eléctrico.

La instalación eléctrica se divide en dos circuitos realizados en paralelo, en donde el superior corresponde a los contactos para el equipo y la lámpara, y el inferior para los circuitos de prueba, cada circuito tiene una salida independiente. Como medida de seguridad para los contactos inferiores se instaló un fusible de 127 V a 15 A.

El soporte para protoboards se construyó empleando lámina galvanizada calibre 22 y tubular redondo de 3/4" y 5/8" calibre 20. El ajuste de la inclinación y de altura se regulan por medio de tornillos milimétricos. La base para las tarjetas mide 13cm de ancho por 7cm de altura, con un dobléz de 1cm de separación para ajustar al espesor de la placa. La altura tiene un rango de 14 a 27cm.



Figura 6-8. Soporte de tarjetas de prueba.

En cuanto al soporte de documentos, fue construido también en lámina galvanizada calibre 22 y alambroón de 3/16" para el apoyo. La base para los documentos mide 10cm de ancho por 29cm de altura, con un dobléz de 1.5cm de separación para el ajuste de libretas. Para la sujeción de hojas se colocó un imán redondo de ferrita adherido a un alambre cromado.

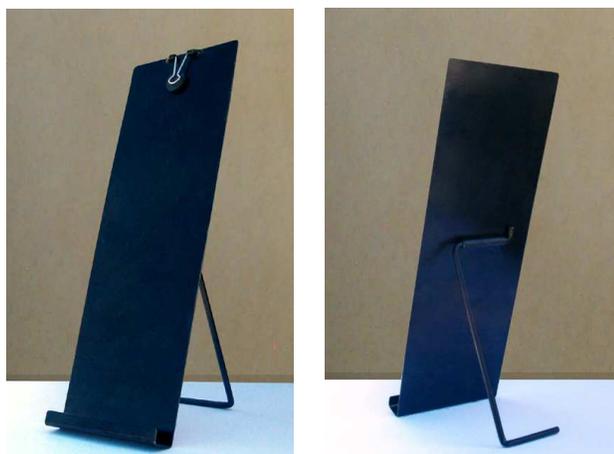


Figura 6-9. Soporte de documentos.

6.2 Verificación de diseño

La evaluación de la propuesta de diseño se centró en las variables de funcionalidad y ergonomía. Para tal efecto dos alumnos de ingeniería en electrónica realizaron una práctica escolar involucrando el ensamble de un circuito y el empleo de equipos de medición. La observación de la tarea se realizó en las instalaciones de los Laboratorios Avanzados de Electrónica de la universidad, con una duración de hora y media.

Como complemento a la mesa de trabajo se utilizó una silla alta similar a la elegida en el estudio de mercado. Ambas sillas coinciden en las dimensiones y elementos que las integran, siendo la única diferencia significativa el material que constituye el asiento y el respaldo. Sin embargo, ya que esta variante no modifica sustancialmente las posturas que asume el usuario al sentarse, sino más bien en la comodidad que brinda después de ciertas horas de uso y la durabilidad del producto en sí, la evaluación se consideró válida.

En primera instancia fueron analizados criterios relacionados principalmente con la funcionalidad. A continuación se detallan tales criterios con las conclusiones resultantes.



Figura 6-10. Verificación funcional del área de trabajo.

Elemento: Área de trabajo		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿La altura del plano beneficia el trabajo de pie?	Tareas como supervisión por parte del profesor, se ven claramente beneficiadas.	Satisfactorio
¿La altura del plano beneficia la postura cuando se trabaja sentado?	La altura coincide con el nivel de codos del usuario, por lo tanto, permite un apoyo adecuado de brazos al momento de manipular objetos.	Satisfactorio
¿El área de trabajo es suficiente para la actividad realizada?	- -	Satisfactorio
¿La ubicación del descansapiés es adecuada?	- -	Satisfactorio

Tabla 6-1. Verificación funcional del área de trabajo.



Figura 6-11. Verificación funcional de la repisa.

Elemento: Repisa		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿El usuario tiene un alcance pleno tanto manual como visual de los aparatos de medición?	Es adecuado tanto para postura de pie como sentado.	Satisfactorio
¿La altura de la repisa obstaculiza alguna actividad de trabajo?	No en general. Sin embargo, la altura de la repisa no permite la libre colocación de una laptop. Por lo que requiere un aumento de al menos 2cm.	Suficiente
¿La ubicación y diámetro del orificio pasacables son funcionales?	- -	Satisfactorio
¿La ubicación de la luminaria suplementaria es apropiada?	Es adecuada y si se considera que la luminaria elegida es dirigible, su funcionalidad incrementa.	Satisfactorio
¿El nivel de iluminación de la luminaria es correcto?	El usuario lo calificó como conveniente.	Satisfactorio
¿El usuario experimenta algún reflejo o deslumbramiento?	No, ya que la luminaria se ubica por debajo del nivel visual del usuario y la superficie de trabajo no es reflejante.	Satisfactorio

Tabla 6-2. Verificación funcional de la repisa.



Figura 6-12. Verificación funcional del tablero eléctrico.

Elemento: Tablero eléctrico		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿El usuario tiene alcance pleno de los contactos?	- -	Satisfactorio
¿La ubicación de los contactos es adecuada para las conexiones del equipo y los circuitos de prueba?	Se corroboró además, que la sujeción de los contactos es resistente, ya que soportan el esfuerzo al enchufar y desenchufar las clavijas. Por otra parte, basta con sujetar con cinchos plásticos el sobrante de los cables para mejorar su organización.	Satisfactorio
¿La tapa del tablero es funcional?	Aunque es útil, se observó que sería mejor si la tapa permitiera mayor ventilación hacia los contactos, además de que requiere un mecanismo para mantenerse firmemente sujeta al tablero.	Regular
¿Es el fusible una solución funcional y práctica, para proteger el circuito en caso de corto?	A pesar de que cumple con la función, representa una desventaja en cuanto a disponibilidad del material y por tanto, pérdida de tiempo en caso de reposición.	Regular

Tabla 6-3. Verificación funcional del tablero eléctrico.



Figura 6-13. Verificación funcional de la cajonera.

Elemento: Cajonera		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿La dimensión de la cajonera es suficiente para los útiles escolares?	--	Satisfactorio
¿Cumple con la función de almacenaje?	--	Satisfactorio
¿La ubicación de la cajonera permite un acceso libre?	Debido a que la corredera utilizada no es de extensión total, se disminuyó la cercanía planeada, lo cual se corrige con una corredera de extensión total.	Satisfactorio
¿La forma y dimensión de la jaladera se acoplan a la mano del usuario?	--	Satisfactorio
¿La ubicación de la jaladera es fácil de identificar para el usuario? ¿Se tiene alcance óptimo?	Los usuarios identificaron fácilmente la ubicación de la jaladera, teniendo un alcance pleno de ésta.	Satisfactorio
¿La jaladera cumple satisfactoriamente su función?	Cumple adecuadamente, sin embargo, una vez totalmente extraída, se observó que puede llegar a ser un obstáculo, por lo que, se planteará una reducción de la longitud cuidando mantener el alcance.	Suficiente

Tabla 6-4. Verificación funcional de la cajonera.

Elemento: Soporte de tarjetas de prueba		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿Cumple plenamente con su función?	Ya que se diseñó pensando únicamente en el soporte de protoboards, funcionó satisfactoriamente, pero no sería adecuado para soldar y desoldar.	Satisfactorio
¿Genera beneficios en la tarea de ensamblar circuitos?	Mejóro en gran medida el trabajo manual del usuario, su uso eliminó las flexiones extremas en cuello y espalda y permitió una mejor postura de brazos y muñecas. Además, eliminó el problema de la distancia entre el circuito y el equipo de medición al realizar las conexiones.	Satisfactorio

Elemento: Soporte de hojas		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿Es un objeto práctico?	Su uso fue adecuado sujetando tanto hojas como libretas.	Satisfactorio
¿Genera beneficios para el usuario?	Mejóro considerablemente la postura en espalda y cuello del usuario al leer documentos, además de brindarle libertad al no tener que sujetar con sus manos los documentos.	Satisfactorio
¿Es conveniente el área que ocupa dentro de la superficie de trabajo?	El espacio que ocupa reduce considerablemente el área que emplea un documento extendido en la superficie.	Satisfactorio

Tabla 6-5. Verificación funcional del soporte de tarjetas de prueba y soporte de documentos.



Figura 6-14. Verificación funcional del soporte de tarjetas de prueba y soporte de documentos.

Elemento: Silla de trabajo		
Criterio	Observaciones	Resultado de la evaluación
¿La dimensión, inclinación y ubicación del respaldo son correctas?	Tanto en posturas de trabajo como en posturas relajadas, la silla brinda buen soporte en todos sus elementos.	Satisfactorio
¿La dimensión y altura del asiento son factibles?		Satisfactorio
¿La altura y dimensión del reposapiés son adecuadas?		Satisfactorio
¿Las ruedas de la silla provocan inestabilidad para el usuario en momentos en que asume posturas inclinadas hacia adelante?	Las ruedas no generan pérdida de estabilidad y por el contrario, mejoran el alcance manual y por tanto la libertad de movimiento.	Satisfactorio
¿Los elementos de la silla permiten la cercanía de otra persona sin obstáculos?	Ya que la estrella de soporte mantiene un diámetro similar al área ocupada por el cuerpo del usuario, permite sin problemas la cercanía entre usuarios sentados.	Satisfactorio

Tabla 6-6. Verificación funcional de la silla.



Figura 6-15. Verificación funcional de la silla.

Como complemento de la verificación llevada a cabo, se realizó una evaluación de posturas asumidas durante la realización de las principales actividades relacionadas con el mobiliario de trabajo. Para ello fue empleado el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), desarrollado en 1993 por los doctores McAtamney y Corlett de la Universidad de Nottingham⁶⁵.

En resumen, el procedimiento de aplicación es el siguiente:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos.
2. Seleccionar las posturas a evaluar.
3. Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo.
4. Obtener la puntuación final y el nivel de actuación para determinar la existencia de riesgos.
5. Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
6. En caso de haber introducido cambios en el puesto, evaluar de nuevo la postura para comprobar la efectividad de la mejora.

A continuación se describe la evaluación realizada con el método RULA. Fueron elegidas cuatro tareas específicas para evaluar las diferentes posturas, tanto con la mesa de trabajo actual de los laboratorios, como con la propuesta de diseño y así comprobar si existe mejora.

Mesa actual				Propuesta de diseño			
Grupo A		Grupo B		Grupo A		Grupo B	
Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.
Brazo: flexión ÷ 45° y 90°	3	Cuello: flexión ÷ 10° y 20° inclinación lateral	2 +1	Brazo: flexión ÷ 20° y 45°	2	Cuello: flexión ÷ 10° y 20° inclinación lateral	2 +1
Antebrazo: flexión <60°	2	Tronco: flexión >60°	4	Antebrazo: flexión <60°	2	Tronco: flexión ÷ 20° y 60°	3
Muñeca: neutra, pronación media	1 +1	Piernas: sentado	1	Muñeca: neutra, pronación media	1 +1	Piernas: sentado	1
Total A	3	Total B	5	Total A	3	Total B	4
Actividad muscular: Estática, repetitiva	0	Actividad muscular: Estática, repetitiva	1	Actividad muscular: Estática, repetitiva	0	Actividad muscular: Estática, repetitiva	1
Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0
Total C	3	Total D	6	Total C	3	Total D	5
Puntuación final	5			Puntuación final	4		
Nivel de actuación	3: Se requiere el rediseño de la tarea			Nivel de actuación	2: Podrían requerirse cambios en la tarea		

Tabla 6-7. Aplicación del método RULA en el almacenaje de útiles escolares.

⁶⁵ Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.ergonautas.com>

Capítulo 6

Mesa actual				Propuesta de diseño			
Grupo A		Grupo B		Grupo A		Grupo B	
Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.
Brazo: flexión >90°	4	Cuello: extendido	4	Brazo: flexión 90°	3	Cuello: flexión <10°	1
Antebrazo: flexión <60°	2	Tronco: flexión 20°	2	Antebrazo: flexión <60°	2	Tronco: Sentado apoyado	1
Muñeca: flexión 15°, pronación media	2 +1	Piernas: sentado	1	Muñeca: neutra, pronación media	1 +1	Piernas: sentado	1
Total A	4	Total B	5	Total A	3	Total B	1
Actividad muscular: repetitiva	1	Actividad muscular: estática	1	Actividad muscular: repetitiva	1	Actividad muscular: estática	1
Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0
Total C	5	Total D	6	Total C	4	Total D	2
Puntuación final	7			Puntuación final	3		
Nivel de actuación	4: Se requieren cambios urgentes en la tarea			Nivel de actuación	2: Podrían requerirse cambios en la tarea		

Tabla 6-8. Aplicación del método RULA en el uso de equipo de medición.

Mesa actual				Propuesta de diseño			
Grupo A		Grupo B		Grupo A		Grupo B	
Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.
Brazo: flexión ÷ 20° y 45°	2	Cuello: flexión >20°, rotado	3 +1	Brazo: flexión 90°	3	Cuello: flexión ÷ 10° y 20°	2
Antebrazo: flexión <100°	1	Tronco: flexión ÷ 0° y 20°	2	Antebrazo: flexión <60°	2	Tronco: flexión ÷ 0° y 20°	2
Muñeca: neutra, pronación media, desviada	1 +1 +1	Piernas: sentado	1	Muñeca: neutra, pronación media	1 +1	Piernas: sentado	1
Total A	3	Total B	5	Total A	3	Total B	2
Actividad muscular: estática	0	Actividad muscular: estática	1	Actividad muscular: estática	0	Actividad muscular: estática	1
Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0
Total C	3	Total D	6	Total C	3	Total D	3
Puntuación final	5			Puntuación final	3		
Nivel de actuación	3: Se requiere el rediseño de la tarea			Nivel de actuación	2: Podrían requerirse cambios en la tarea		

Tabla 6-9. Aplicación del método RULA en el uso de contactos.

Mesa actual				Propuesta de diseño			
Grupo A		Grupo B		Grupo A		Grupo B	
Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.	Postura	Ptos.
Brazo: flexión ÷ 20° y 45°, con apoyo	2 -1	Cuello: flexión >20°	3	Brazo: flexión ÷ 20° y 45°, con apoyo	2 -1	Cuello: flexión ÷ 10° y 20°	2
Antebrazo: flexión ÷ 60° y 100°, proyección vertical más allá de la proyección del codo	1 +1	Tronco: flexión ÷ 20° y 60°	3	Antebrazo: flexión ÷ 60° y 100°	1	Tronco: Sentado apoyado	1
Muñeca: flexión >15°, pronación media	3 +1	Piernas: sentado	1	Muñeca: neutra, pronación media	1 +1	Piernas: sentado	1
Total A	3	Total B	4	Total A	1	Total B	2
Actividad muscular: Estática, repetitiva	1	Actividad muscular: Estática, repetitiva	1	Actividad muscular: Estática, repetitiva	1	Actividad muscular: Estática, repetitiva	1
Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0	Fuerza aplicada: menor a 2kg.	0
Total C	4	Total D	5	Total C	2	Total D	3
Puntuación final	5			Puntuación final	3		
Nivel de actuación	3: Se requiere el rediseño de la tarea			Nivel de actuación	2: Podrían requerirse cambios en la tarea		

Tabla 6-10. Aplicación del método RULA en el ensamble de circuitos.

Como lo reflejan las puntuaciones finales obtenidas y los niveles de actuación determinados en base a estos, la propuesta de diseño representa mejoras sustanciales respecto a la mesa de trabajo en uso actual, y más aún la evaluación es satisfactoria aunque no se realice una comparación, ya que todas las evaluaciones sitúan las tareas analizadas en un nivel de actuación 2.

Sin embargo, dado que este nivel de actuación sugiere posibles cambios para lograr posturas completamente aceptables, se analizaron los puntajes en cada criterio para determinar si esto podría llevarse a cabo y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- En el uso de equipo de medición, la postura en brazos y antebrazos mejoraría si, la repisa estuviera menos alejada del usuario y con una altura menor. Además de que la tarea no fuera repetitiva. Sin embargo, modificar la lejanía y la altura de la repisa, reduciría el área de trabajo disponible en el plano de trabajo y por otro lado, no es posible modificar que la tarea sea repetitiva, ya que el usuario tiene que realizar los cambios en el equipo que le sean necesarios.
- En el uso de los contactos eléctricos, al igual que en el caso de la repisa habría que aumentar la altura y disminuir la distancia de su ubicación, para mejorar la postura en brazos, antebrazos y cuello. Sin embargo, si se considera que es una tarea que representa menos del 4% del tiempo de una práctica promedio de hora y media de duración, los beneficios que brinda dicha ubicación al mejorar la organización de cables, y que la postura asumida no es incómoda como lo refleja el análisis funcional; se determinó que una modificación no sería factible.

Capítulo 6

- En el ensamble de circuitos, las principales desventajas son la inclinación del cuello y la característica estática y repetitiva de la tarea. Este último aspecto no se puede modificar, dado el tipo de trabajo realizado. En cuanto a la inclinación del cuello, tendría que aumentarse la altura del soporte del protoboard, lo cual resultaría en menor apoyo y alcance de los brazos al manipular componentes y herramientas, lo cual representa una mayor incomodidad física que la inclinación del cuello, por tanto, se considera que es conviene mantener las características de la propuesta de diseño.
- Finalmente, en cuanto al uso de la cajonera, aunque la postura se mejoró debido a que su ubicación tiene buena cercanía con el usuario por su altura y la posibilidad de recorrerse, la necesidad de inclinar el torso para alcanzarla representa una desventaja importante, sin embargo, ya que la tarea se realiza en periodos mínimos de tiempo y que la cajonera cumple adecuadamente con su función, se considera que su uso es viable.

Como conclusión de la evaluación funcional y ergonómica, se determinó que la mesa de trabajo cumple con los requerimientos de diseño planteados, sin embargo, se observaron aspectos que pueden mejorarse. Por lo tanto, se plantean las siguientes modificaciones:

- Aumento de la altura de la repisa.
- Sustitución de los fusibles por otro mecanismo más práctico.
- Modificación del diseño de la tapa del tablero.
- Reducción en la longitud de la jaladera de la cajonera.
- Modificación en el diseño del portapapeles que permita eliminar el uso de adhesivo como medio de sujeción.

Capítulo 7: Solución final

7.1 Ajustes de diseño

Derivado de la evaluación del modelo funcional, surgió la necesidad de realizar ajustes en el diseño de ciertos elementos, los cuales se describen a continuación.

Altura en repisa

Con el objetivo de permitir una holgura adecuada en el uso de computadoras portátiles la altura de la repisa se aumentó en 3cm, teniendo así una distancia de 32cm entre la superficie posterior de la repisa y el plano de trabajo y una altura total de 131.5cm. Ambas dimensiones quedan dentro de los rangos establecidos.

Protección contra cortos circuitos en instalación eléctrica

Como sustitución a la existencia de fusibles en el tablero eléctrico, se consideró la instalación de interruptores termomagnéticos de 10kA. Para tal efecto se eligió un centro de carga de sobrepone con espacio para dos interruptores. La instalación de estos dispositivos permitirá que en el momento de un corto circuito se cierre el paso de corriente sólo para los contactos en donde ocurrió la falla y de este modo el resto de la instalación eléctrica del laboratorio siga funcionando normalmente. Una vez que el interruptor sea accionado, la alimentación se restablecerá y el circuito funcionará nuevamente.

Por cada mesa de trabajo se instalará un centro de carga, de modo que cada interruptor será conectado a 4 contactos de la hilera inferior. Su ubicación será justo al centro en la parte inferior de la repisa, de modo que no sea visible ya que no será utilizado de manera constante y previniendo que los interruptores sean accionados por accidente, pero permitiendo un alcance pleno sin realizar ningún movimiento del mobiliario.



Figura 7-1. Centro de carga para interruptores termomagnéticos. (Fuente: Bticino)

Capítulo 7

La Figura 7-2 muestra la ubicación del centro de carga debajo de la repisa, es posible también observar las luminarias y la posición de los cables de alimentación de los tres elementos, los cuales tendrán una posición fija en ranuras bajo la superficie de la repisa, que finalmente los comunicará a la parte trasera en el tablero eléctrico.



Figura 7-2. Ubicación de centro de carga y luminarias.

Tapa de tablero eléctrico

La tapa del tablero eléctrico fue rediseñada con el objetivo de mejorar la forma en que se sujeta a la mesa, reducir su espesor para disminuir el espacio que ocupa en el tablero y así brindar más libertad a los componentes de la instalación eléctrica, así como permitir cierto grado de ventilación.

De este modo, se generó el diseño mostrado en la Figura 7-3, propuesto en lámina galvanizada por ser un material con buena resistencia y mínimo espesor. La tapa consta de dos piezas unidas por soldadura de puntos. La primera corresponde a la tapa en sí, provista de un doblado hacia dentro en cada lado, lo cual le genera estructura, mientras que la segunda consiste en una tira con dobleces longitudinales que una vez unida el centro de la tapa evitará el pandeo común que sufren los elementos construidos en láminas metálicas delgadas.

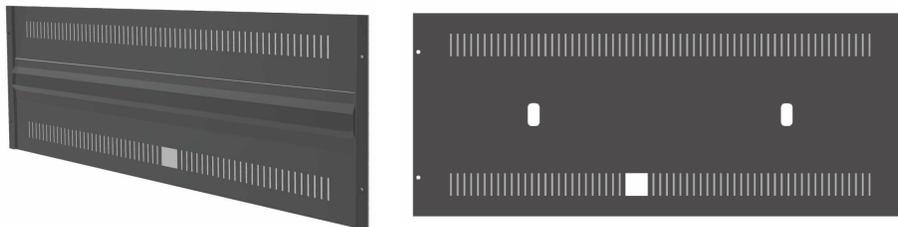


Figura 7-3. Tapa para tablero eléctrico.

La tapa se sujetará a la mesa por medio de dos tornillos ubicados en cada lado, los cuales se introducirán en insertos roscados ensamblados en la parte posterior del tablero eléctrico. Este medio de sujeción se determinó adecuado al considerar que con la eliminación de los fusibles el tablero no requerirá ser abierto más que en ocasiones esporádicas de mantenimiento.

Como medio de ventilación se han colocado perforaciones rectangulares formando una hilera tanto en la parte superior como inferior de la tapa. Finalmente, se han considerado tres perforaciones más, dos al centro que permitan ingresar los dedos al momento de manipular la tapa y uno más para la salida de los cables de alimentación.

Es importante mencionar que el usuario no corre ningún riesgo al introducir los dedos ya que la tira de refuerzo en la parte posterior impide el contacto con los cables de la instalación, considerando además que el peso de la tapa no será gravoso y que al colocarse y retirarse del tablero no se requerirá un esfuerzo importante, tales orificios no generan problemas tanto para el usuario como para la tapa en el sentido de alguna deformación provocada por asirla desde esos puntos.

Finalmente, cada mesa tendrá tres tapas, correspondiente a los espacios entre los apoyos verticales de la repisa, por lo que el orificio para la salida de los cables sólo sería necesario en la tapa intermedia. La imagen 7-4 muestra la ubicación de las tapas en la parte trasera de la mesa, así como parte de la instalación eléctrica en el tablero.



Figura 7-4. Vista de tablero eléctrico.

Jaladera para cajonera

La forma y longitud de la jaladera fueron modificadas con el objetivo de disminuir el área que ocupa una vez extraída la cajonera, así como conseguir mayor estabilidad en la jaladera. Para determinar la longitud adecuada se tomaron como base las observaciones realizadas durante la evaluación del modelo, realizada directamente con los usuarios. Con lo que se concluyó, dado la postura que asume de forma natural el usuario al utilizar la cajonera, que la longitud podía disminuirse hasta 16cm de longitud total por 7cm de ancho en la base de agarre. La siguiente figura muestra la jaladera modificada, así como su longitud y la distancia de ésta al borde la mesa en una vista lateral. El material de construcción sería madera de pino en acabado de esmalte negro mate.

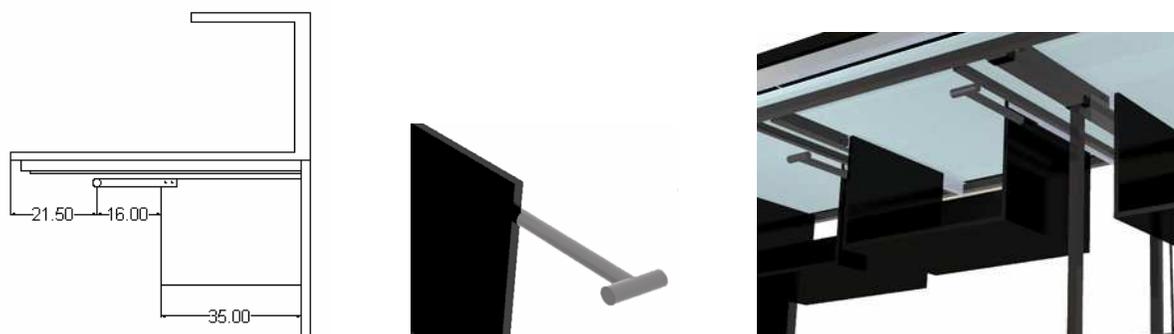


Figura 7-5. Jaladera para cajoneras.

Estructura metálica

En general, los elementos de la estructura metálica del mobiliario se encontrarían unidos con soldadura, sin embargo en el caso de la mesa de trabajo, debido a que su largo total es de 2.80 m, se consideró que si toda la estructura tiene uniones fijas, el proceso de construcción y de transporte para la aplicación de pintura electrostática y para su ubicación final en el laboratorio, serían difíciles de realizar.

Por lo anterior, la estructura es desmontable, dividiéndose como se muestra en la Figura 7-6. Las uniones se realizarán básicamente a través de abrazaderas y placas de lámina soldadas a ciertas piezas, que se unen finalmente con los elementos correspondientes a través de tornillos y tuercas.

En la imagen, los números del 1 al 9 corresponden a las diferentes uniones entre los elementos de la mesa, además de que sugieren el orden en que debe realizarse el montaje de las piezas. Mientras tanto el 10 corresponde a pequeñas escuadras que permitirán sujetar las cubiertas laterales de MDF a la estructura y el número 11 a los niveladores colocados debajo de los soportes.

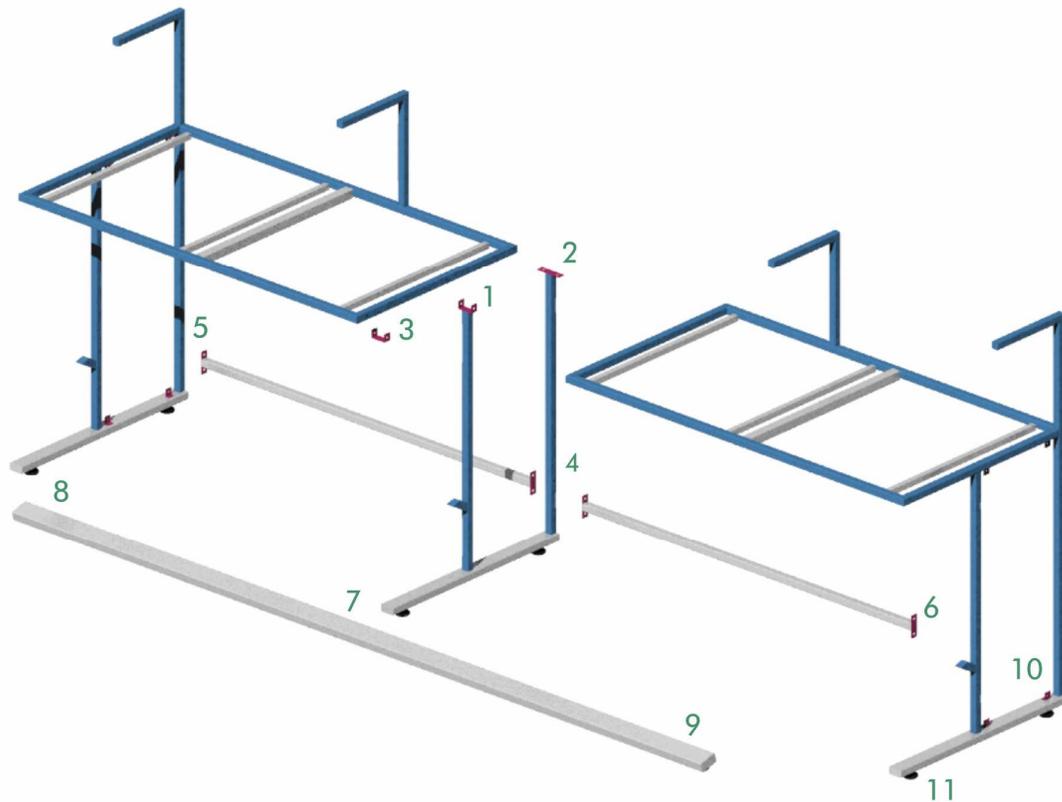


Figura 7-6. Elementos en que se divide la estructura de la mesa de trabajo.

Soporte de documentos

Con el propósito de eliminar el adhesivo como forma de unión entre el imán y el alambre que lo sostiene, se cambió el imán redondo por uno de anillo y se modificó la forma del alambre agregando dobleces que permitan que el imán quede sujeto firmemente.

Cabe mencionar que aunque el alambre interfiere entre el imán y la base metálica, siempre y cuando sea un imán al menos de un grado 8, las hojas serán adecuadamente sujetas. La siguiente

figura muestra la forma en que se sujetaría el imán, el resto del soporte para documentos permanece sin modificación alguna.



Figura 7-7. Soporte de documentos.

Finalmente la siguiente imagen muestra una vista general de la integración del mobiliario al Laboratorio de Electrónica Analógica.



Figura 7-8. Integración del mobiliario de trabajo al LEA.

7.2 Materiales necesarios para la construcción del mobiliario de trabajo



Figura 7-9. Mesas de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica.

A continuación se desglosa a detalle la lista de materiales a emplear en la construcción del mobiliario de trabajo así como del soporte de documentos.

Superficies			
Material	Aplicación	Descripción	Dimensiones
Tablero laminado	Superficie para repisa Superficie mesa PC	MDF con melamina negro mate	Espesor 18mm 1.2m x 2.4m
Tablero laminado	Tablero eléctrico Repisas mesa PC Portateclado	MDF con melamina negro mate	Espesor 15mm 1.2m x 2.4m
Tablero laminado	Cubiertas laterales y cajoneras	MDF con melamina negro mate	Espesor 12mm 1.2m x 2.4m
*Cubierta TRESPA	Superficie de trabajo	Trespa TopLab T21.1.1 Azul Glacial	Espesor 20mm 0.75m x 2.8m
Pija	Sujeción superficies a estructura	Pija p/tablaroca	8 x 11/2", 8 x 13/4"
Pija	Sujeción cubiertas laterales - PTR	Pija p/aglomerado cabeza tross negro fosfatizado	10 x 1/2"
Tornillo	Sujeción cajoneras-correderas y portateclado-correderas.	Gripper cabeza plana	6 x 1/2"
Cubrecanto	Superficie mesa PC	Cubrecanto pre-encolado de PVC color negro	Espesor 1mm, 19mm de ancho
Cubrecanto	Repisas mesa PC y cajoneras	Cubrecanto pre-encolado de PVC color negro	Espesor 1mm, 16mm de ancho
Cubrecanto	Orificios pasacables	Cubrecanto pre-encolado de PVC color negro	Espesor 0.4mm, 19mm de ancho
*Jaladera	Jaladera para cajonera	Madera de pino	--
*Pija	Sujeción de jaladera a cajonera	Pija p/tablaroca	8 x 1"

*Materiales exclusivos de la mesa de trabajo, el resto aplica también para la mesa de programación.

Tabla 7-1. Lista de materiales: superficies para mesa de trabajo y mesa de programación.

Estructura			
Material	Aplicación	Descripción	Dimensiones
*Perfil estructural	Soporte estructural	Perfil de acero	1" Cal. 14
Tubular rectangular	Soporte estructural	Tubular de acero galvanizado	2" x 1" Cal. 18
*Tubular rectangular	Apoyo para pies	Tubular de acero galvanizado	2 1/2" x 1 1/4" Cal. 18
Tubular cuadrado	Soporte de cajoneras	Tubular de acero galvanizado	3/4" Cal. 18
Tubular cuadrado	Unión entre soportes	Tubular de acero galvanizado	1" Cal. 18
*Tubular cuadrado	Soporte de cajoneras y mesa	Tubular de acero galvanizado	1 1/4" Cal. 18
*Lámina	Unión entre soportes estructurales	Lámina galvanizada	Cal. 16
Lámina	Sujeción de cubiertas de MDF a PTR	Lámina galvanizada	Cal. 18
*Tornillo	Unión entre soportes estructurales	Estándar, cabeza hexagonal grado 5	5/16" x 2 1/2"
*Tornillo	Unión entre soportes estructurales	Estándar, cabeza hexagonal grado 5	5/16" x 1 1/2"
*Tornillo	Unión entre soportes estructurales	Estándar, cabeza avellanada con hueco cruciforme	5/16" x 1 1/2"
*Tuerca	Unión entre soportes estructurales	Hexagonal con anillo plástico	5/16"
Nivelador	Ajuste de altura	Tornillo de acero con base de plástico	Base de 46mm Ø, tornillo de 5/16" x 22mm
Inserto (T-nut's)	Sujeción para nivelador	Inserto soldable	5/16" x 3/8"
*Corredera	Deslizamiento de cajonera	Accuride 3732, con baleros de extensión total, capacidad 45kg	Longitud 350 mm
Corredera	Deslizamiento de portateclado	Accuride CY-732, con baleros de extensión 3/4, capacidad 20kg	Longitud 350 mm
Remache	Sujeción correderas a tubular	Cabeza normal	1/8" x 3/16"
Soldadura	Uniones fijas	Electrodo E6013	1/8"
Pintura electrostática	Acabado de estructura	Pintura epoxy negro mate	--
*Tapete antiderrapante	Reposapies	Piso de hule en acabado tachón	Ancho 50cm

*Materiales exclusivos de la mesa de trabajo, el resto aplica también para la mesa de programación.

Tabla 7-2. Lista de materiales: estructura de mesa de trabajo y mesa de programación.

Tablero eléctrico			
Material	Aplicación	Descripción	Dimensiones
Toma duplex	Toma corriente	De entrada recta, grado industrial, color blanco.	127V~ a 15A NEMA 5-15R
Escuadra	Sujeción de toma corriente a tablero	Escuadra galvanizada	1" x 1"
Pija	Sujeción de toma corriente a tablero	Pija p/aglomerado cabeza tross negro fosfatizado	10 x 5/8"
Cable conductor	Instalación fase	Color rojo	No.12
Cable conductor	Instalación neutro	Color blanco	No.12
Cable conductor	Instalación tierra	Color verde	No.12
Cable conductor	Instalación neutro para luminaria	Color blanco	No.14
Cable conductor	Instalación fase para luminaria	Color azul	No.14
Banco de terminales	Distribución de carga	Plástico, de 2 filas, 8 tornillos	36.5 x 20 x 16mm
Terminales eléctricas	Unión conductor-toma corriente	Terminal eléctrica aislada	No.8, 4.3mm Ø
Base para cincho	Sujeción de cables	Base autoadherible de nylon color natural	--
Cincho sujetacable	Sujeción de cables	Cincho de nylon color blanco	25mm de ancho x 96mm de largo
Cordón uso rudo	Alimentar el circuito	Tipo SJT, 3 conductores	cal. 14
Clavija	Alimentar el circuito	Grado industrial	127V~ a 15A NEMA 5-15P
Luminaria	Iluminación auxiliar	Tipo regleta, dirigible. Base de aluminio con pantalla de cristal.	Tecno Lite, modelo Portofino I
Lámpara	Iluminación auxiliar	Fluorescente, base G5 miniatura bipin.	Philips F28T5/841/ALTO
Switch	Interruptor para luminaria	Redondo, de balancín, 1 tiro, 1 polo, 2 posiciones, con foco piloto	10/6 A, 125/250 Vca
Interruptor	Protección contra cortocircuito	Interruptor termomagnético	1 polo, 120/240 V~, 10kA
Centro de carga	Instalación de interruptores termomagnético	De sobreponer, Bticino, modelo Starsys	2 polos, 120/240 V~, 50A
Tornillo	Sujeción centro de carga y lámpara a repisa	Gripper cabeza plana	6 x 1/2"
Lámina	Tapa de tablero	Lámina galvanizada	Cal. 22
Inserto tuerca	Sujeción de tapa	Inserto para madera	1/8"x 3/8"
Tornillo	Sujeción de tapa	Estándar, cabeza abombada con hueco cruciforme.	1/8"x 1/2"
Pintura electrostática	Acabado para tapa	Pintura epoxy negro mate.	--

Tabla 7-3. Lista de materiales: Tablero eléctrico para mesa de trabajo.

Soporte para documentos			
Material	Aplicación	Descripción	Características
Lámina	Base	Lámina galvanizada	Cal. 22
Alambrón	Apoyo y postes	Alambrón de acero	3/16"
Alambre	Sujeción para imán	Alambre cromado	Cal. 18
Imán	Sujeción de hojas	Imán forma anillo de ferrita grado 8	14mm Ø ext., 6mm Ø int., 5mm espesor.
Pintura electrostática	Acabado en estructura	Pintura epoxy en polvo negro mate.	--

Tabla 7-4. Lista de materiales: soporte para documentos.

7.2 Conclusiones

Como se ha comprobado a través de las evaluaciones funcionales y ergonómicas, la solución final obtenida responde satisfactoriamente a los requerimientos de diseño establecidos, implicando con ello las siguientes ventajas frente a la adquisición de estaciones de trabajo comerciales.

- El diseño se ha basado en parámetros antropométricos de la población mexicana, mientras que los bancos de trabajo generalmente de manufactura estadounidense, contemplan valores que en su mayoría no convendrían a usuarios de nuestra población. Lo cual se vería reflejado principalmente en los alcances hacia repisas y compartimientos, no sólo en alturas sino también en profundidades
- Debido a las dimensiones del local, es poco probable encontrar una solución en el mercado que permita el trabajo de 27 usuarios como se consiguió con la propuesta planteada (25 en las mesas de trabajo y 2 en las estaciones de programación).
- La mayoría de estas estaciones comerciales se orientan al trabajo de un solo usuario, por lo que integran cajones y organizadores de herramientas y componentes que permiten almacenar grandes cantidades de documentos y objetos de manera permanente. Esta característica si bien resulta factible cuando se piensa en un solo usuario, en el caso del LEA no sería aprovechado debido a la constante rotación de usuarios, llegando incluso a convertirse en un inconveniente por el espacio que tales compartimientos ocupan en el mobiliario y a que por su diseño y disposición obstaculizan el trabajo en equipo.
- Retomando el punto anterior, fue precisamente la eliminación de este tipo de compartimientos que no se utilizan, lo que permitió maximizar el área de trabajo, situación primordial debido a las limitadas dimensiones del laboratorio.
- La integración de las cajoneras representa una importante ventaja frente a los bancos comerciales ya que aprovecha un espacio que generalmente es ignorado por estar fuera del alcance inmediato del usuario.
- No todos los bancos de trabajo comerciales contemplan una protección contra corto circuitos como se contempló en el diseño planteado.
- Gran parte de los bancos de trabajo a pesar de tener un precio alto utilizan superficies con laminados plásticos de poca calidad. Considerando que en el caso del laboratorio analizado, el

Capítulo 7

uso es constante, la superficie elegida representa una ventaja de durabilidad y calidad en el mobiliario.

- La combinación de colores y acabados proporcionan una estética sobria y a la vez atractiva en la imagen del mobiliario en general, lo cual no es muy común en la mayoría de las estaciones comerciales, que permanecen en un concepto más monótono e industrial.
- La elección de materiales y procesos fue realizada cuidando la relación costo – calidad, y el principio de utilizar los elementos de acuerdo a las necesidades particulares de resistencia al desgaste común o bien por esfuerzos, que requería cada componente del mobiliario, es decir, ningún material fue elegido al azar desperdiciando cantidades o con características sobradas ni por el contrario sacrificando su calidad sólo por minimizar costos; lo cual permitió proyectar un mobiliario con cualidades de manufactura equivalentes a las estaciones comerciales pero con la ventaja de una reducción de costos de al menos un 40%.⁶⁶

⁶⁶ Mientras que una estación de trabajo comercial como las analizadas en el estudio de mercado tiene un precio aproximado de \$7 000.00, la producción de un módulo de trabajo de la solución propuesta tendría un costo aproximado de \$3 200.00.

Conclusiones generales

Con el propósito de impactar positivamente el desempeño laboral y la calidad de vida del usuario, el análisis del Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM como centro de trabajo, fue realizado de manera global considerando no sólo actividades y posturas de trabajo individuales que sugirieran el diseño de un mobiliario, sino tomando en cuenta también relaciones entre sus usuarios, características específicas de la arquitectura del local y aspectos físicos como la iluminación, que permitieron de manera conjunta diseñar la distribución de todo el mobiliario dentro del local así como la propuesta de elementos de almacenaje que no estaban contemplados dentro de las actividades de trabajo de los alumnos.

El análisis de cada puesto de trabajo se realizó detalladamente durante observaciones directas en las instalaciones, así como a través de observaciones y apreciaciones personales de alumnos, técnicos y profesores; las cuales fueron determinantes para la elaboración de las diferentes propuestas de diseño.

Se analizaron particularmente dos puestos de trabajo dentro del laboratorio. El primero, el más importante por el periodo de tiempo que emplea el alumno para la realización de sus actividades, consistió principalmente en la ejecución de tareas de ensamble y medición de circuitos y como complemento, el segundo puesto con la tarea particular de programación de circuitos.

Con este análisis de la tarea realizado, se concluyó que actualmente el mobiliario de trabajo del laboratorio así como su distribución, son de alguna manera suficientes ya que han sido útiles durante 15 años, pero no resultan del todo satisfactorios para el correcto desarrollo de las actividades de los alumnos y personal académico, como lo demostraron las observaciones en el estudio de campo y en la evaluación realizada con el método RULA.

De esta conclusión se derivó el proceso de diseño que culminó en la configuración de la distribución del laboratorio y la proyección de dos mesas de trabajo principalmente. Como parte de tal proceso se realizó un estudio de mercado que permitió la elección de una silla de trabajo adecuada tanto a las actividades de trabajo como al mobiliario propuesto y que de manera conjunta con las mesas de trabajo, integran en su totalidad el mobiliario requerido por el laboratorio.

La propuesta de diseño obtenida cumple con los requerimientos funcionales, ergonómicos y estéticos establecidos, además de involucrar materiales y procesos constructivos que fueron elegidos en base a criterios de calidad, practicidad y durabilidad, lo cual genera resultados positivos en tiempos y costos de producción, así como la garantía de calidad en el tiempo de vida del mobiliario y sus accesorios. Lo anterior fue evaluado y corroborado con la construcción de un modelo funcional a escala real con materiales y acabados similares a los propuestos en la solución final de diseño.

Por otra parte, tal evaluación permitió comprobar la factibilidad del diseño obtenido en una situación de trabajo bajo circunstancias reales, así como la necesidad de ajustes que una vez realizados permitieron la conclusión de una solución de mayor calidad.

Es importante mencionar, que la propuesta planteada, fue pensada exclusivamente para su integración en el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM y determinada en algunos aspectos por las limitantes del proyecto. Con lo cual se cumple con el objetivo de generar una solución particular a la problemática planteada en el LEA.

A continuación se mencionan conclusiones significativas que surgieron durante el proceso de diseño y que son fundamentales en el análisis de las actividades del LEA:

- Ya que la tarea de ensamble de circuitos requiere precisión manual, es indispensable contar con accesorios como luminarias suplementarias, soporte de documentos y soporte de circuitos, para garantizar mejoras en las posturas físicas asumidas y el esfuerzo visual realizado durante la actividad.
- Aunque la propuesta de diseño fue ajustada a las características del local respetando el espacio requerido por cada persona en su puesto de trabajo así como en las circulaciones, la dimensión del laboratorio en sí es apenas suficiente para la actividad de 28 personas bajo los requerimientos particulares del LEA.
- Por si solos, el mobiliario, las herramientas, ni las instalaciones, garantizan la salud física e intelectual del trabajador, es imprescindible que los usuarios alternen sus periodos de trabajo con intervalos de descanso, sobre todo tratándose de jornadas largas de trabajo en donde el cuerpo permanece en una misma postura la mayor parte del tiempo, por lo que, es importante que los alumnos tengan noción sobre trastornos físicos y su prevención para que puedan aplicarlo en el desarrollo de sus actividades académicas diarias.
- El análisis ergonómico realizado demuestra que es apremiante implementar mejoras en las circunstancias de trabajo en las instalaciones del Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM.

Finalmente este proyecto pretende ser un ejemplo a grandes rasgos de la aplicación de metodologías y técnicas en el diseño de un puesto de trabajo, mostrando que es posible generar propuestas sencillas para la corrección de problemáticas laborales.

Bibliografía

- Barrau, Blasco, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo**. Alfaomega ediciones UPC, 2a. edición, 2001.
- Barrau, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 1: Fundamentos**. Alfaomega ediciones UPC (Universidad Politécnica de Cataluña.), 3a. edición, 2001.
- Bedolla, Deyanira: **Diseño sensorial. Las nuevas pautas para la innovación, especialización y personalización del producto**. Tesis para obtener el grado de doctor por la UPC, Barcelona, 2002.
- Bertoline, Gary, Millar, Craig: **Dibujo para ingeniería**. Mc Graw-Hill Interamericana, México 2004.
- Bonilla, E.: **La técnica antropométrica aplicada al diseño industrial. Antropometría de población de la ciudad de México**. UAM - Unidad Xochimilco, División de ciencias y artes para el diseño, México 1993.
- De Pedro, Gómez, Gregori y Mondelo: **Ergonomía 4: El trabajo en oficinas**. Alfaomega ediciones UPC, México 2002.
- Desoille, Viñas y Mercadal: **Medicina del trabajo**. Elsevier, España 2002.
- Eco, Umberto: **Cómo se hace una tesis: técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura**. GEDISA, Barcelona 1996.
- IMPI: **Enciclopedia del plástico 2000**. Tomo 2, IMPI, México 2000.
- Eppinger, Steven y Ulrich, Karl: **Product design and development**. Mc Graw Hill, USA 2000.
- Fiell, Charlotte y Fiell, Meter: **El diseño industrial de la A a la Z**. TASCHEN, 2001.
- Gui, Bonsiepe: **Diseño industrial, artefacto y proyecto**. Alberto Corazón Editor, España 1975.
- Guthrie, Pat: **Manual portátil del diseñador de interiores: reglas básicas para el diseño de interiores**. Mcgraw-hill interamericana, México 2001.
- Heller, Alison: **Your guide to developing an ergonomics process**. Tomo 2. Lewis Publisher, USA 1999.
- Heskett, John: **Toothpicks & logos. Design in Everyday life**. Oxford University Press, Great Britain 2003.
- Jones, Christopher: **Métodos de diseño**. GG Diseño, 2ª Edición, 1978.
- Mangonon, Pat: **Ciencia de materiales: selección y diseño**. Pearson educacion, México 2001.
- McDermott, Catherine: **Design museum 20th C Design**. Overlook, USA 2000.
- Montmollin, Maurice de: **Introducción a la ergonomía: Los sistemas hombres-máquinas**. LIMUSA, México 1997.
- Munari, Bruno: **¿Cómo nacen los objetos?, apuntes para una metodología proyectual**. GG Diseño, México 1993.

- Osborne, David: **Ergonomía en acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre.** Trillas 6ª. Reimpresión, México 2001.
- Panero, Julius y Zelnik, Martin: **Las dimensiones humanas en los espacios interiores.** Estándares antropométricos. GG Diseño 9ª. Edición, México 2001.
- SME (Society of manufacturing engineers): **Ergonomics in manufacturing. Raising productivity through workplace improvement.** Engineering and management press, 1998.
- Zorrilla, Torre y Luis: **Metodología de la investigación.** McGraw-Hill, México, 1997.

Sitios Web

- **Asociación Latinoamericana de QFD.** <http://www.qfdlat.com> (Octubre, 2007)
- **Back designs Inc.** <http://www.backdesigns.com/> (Diciembre, 2007)
- **EEE Ergonomía en Español.** http://www.ergonomia.cl/def_ergo.html (Agosto, 2008)
- **Ergonomic Guidelines for arranging a Computer Workstation.** <http://ergo.human.cornell.edu> (Abril, 2008)
- **Ergoprojects.** <http://www.ergoprojects.com> (Octubre, 2007)
- **International Ergonomics Association.** <http://www.iea.cc/ergonomics/> (Octubre, 2007)
- **Organización Internacional del Trabajo.** <http://training.itcilo.it> (Octubre, 2007)
- **Depto. De ciencias Empresariales, Universidad de Alcalá de Hénares, España.**
http://www2.uah.es/estudios_de_organizacion/temas_organizacion/org_praxis/organiz_creacion_valor/uso_aplicaciones_av.htm (Octubre, 2007)
- **Sociedad de Ergonomistas de México A.C.** <http://www.semac.org.mx/v3/ergonomia/ergon0.php> (Octubre, 2007)
- **Universidad Politécnica de Valencia.** <http://www.ergonautas.com> (Marzo, 2009)
- **TRESPA.** www.trespa.com (Diciembre, 2008)
- **Universidad de las palmas de Gran Canaria, Depto. de construcción arquitectónica.** <http://editorial.cda.ulpgc.es> (Diciembre, 2008)

Anexo A: formato de encuestas

¿La mesa te resulta incómoda mientras trabajas?

Si No ¿Por qué?

¿La silla te resulta incómoda mientras trabajas?

Si No ¿Por qué?

La dimensión del área de trabajo en la mesa, es:

Grande Adecuada Pequeña (resulta insuficiente)

¿Utilizas las cajoneras ubicadas en la parte inferior de la mesa?

Si No ¿Por qué?

¿Cómo consideras la ubicación de dichas cajoneras?

Práctica Estorbosa ¿Por qué?

¿La ubicación de la barra de contactos es práctica?

Si No ¿Por qué?

La ubicación del generador de funciones y el osciloscopio ¿te resulta práctica?

Si No ¿Por qué?

La ubicación de las fuentes de voltaje ¿te resulta práctica?

Si No ¿Por qué?

¿Te resulta útil la barra ubicada en la parte inferior de la mesa?

Si No ¿Por qué?

¿Generalmente en promedio, cuántas personas comparten la mesa de trabajo?

¿Regularmente cuántas horas continuas trabajas en el laboratorio?

0-1 1-2 2-3 más de 3

¿Cuál es el tiempo máximo que has llegado a emplear el laboratorio?

En general, ¿el mobiliario cubre tus necesidades?

Si No ¿Por qué?

Tomando en cuenta las actividades que realizas en el laboratorio, ¿qué le añadirías al mobiliario?
(¿Qué consideras que le hace falta?)

Y por el contrario, ¿qué le quitarías? Especifica por qué.

Gracias por tu colaboración.

Anexo B: Información técnica Trespa Toplab

Trespa TopLab es una placa plana de autosuporte con una superficie decorativa de acrílico de uretano integrada y con un núcleo de resina fenólica reforzado con fibra de celulosa.

Es ideal para un entorno multifuncional, proporciona una superficie fuerte y duradera que mantiene una buena apariencia durante muchos años. La resistencia al impacto del material permite que sea utilizado, por ejemplo, en la parte superior de un carro. Proporciona una superficie impermeable a bacterias, hongos o microorganismos. Resistente a tintes, disolventes orgánicos y al agua y fácil de limpiar.

El material ofrece una flexibilidad de diseño máxima porque se comporta de manera parecida a la madera dura. Se puede cortar y dar forma según las necesidades particulares de cada mobiliario.

Dispone de una superficie lisa y no reflectora. Esto permite que sea utilizada como superficie multifuncional sobre la que se pueden combinar equipos de laboratorio, ordenadores y realizar trabajos generales como administración y análisis e investigación.

Gama de producto Trespa Toplab

Tamaños de placas estándar: 3.050 x 1.530 mm

Espesor de placa estándar: 20 mm

Colores: Disponible en 4 colores lisos estándar.

Fijación:

- Fijar con casquillos de expansión o con tornillos autorroscantes.
- Profundidad máxima del agujero = espesor de la placa menos 3 mm.
- Diámetro del agujero de las placas de acuerdo con las instrucciones del proveedor de los medios de fijación, con capacidad de aceptar el cuerpo del tornillo.

Estructura de apoyo

La estructura de apoyo de acero o aluminio debe ser lo suficientemente fuerte y rígida para resistir el alabeo consecuencia de la carga aplicada encima de la placa. Si hay cualquier otro accesorio debajo de la placa (cajones, cajas, tubos), habrá que dimensionar la estructura de apoyo en consecuencia.

Distancia entre 2 o más apoyos

Número de apoyos	Intervalo max. de apoyo (m)	
	Carga < 35 kg/m ²	Carga < 100 kg/m ²
2	1.10	0.9
3	1.40	1.15
4	1.00	1.00

Intervalos máximos de apoyo y de fijación. (Escritorios y encimeras sujetos por los cantos)

Ancho (mm)	Longitud max (m)	
	Carga < 35 kg/m ²	Carga < 100 kg/m ²
1.000	ilimitada	ilimitada
1.100	ilimitada	1.50
1.200	ilimitada	1.20
1.300	1.80	--
1.400	1.60	--
1.500	1.50	--

Intervalos de fijación:

- Distancia mínima desde el canto: 20 mm.
- Distancia máxima desde el canto: 150 mm.
- Al menos 6 tornillos por m² de superficie de placa.
- Distribuir tornillos regularmente por toda la estructura de apoyo.

Fuente: Instrucciones de montaje para aplicaciones interiores de edificios. www.trespa.com

Anexo C: Tablas de luminotecnia

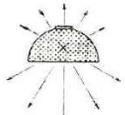
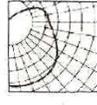
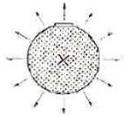
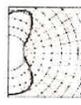
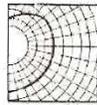
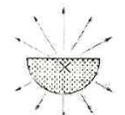
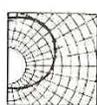
		Muy dirigida 1	Intensiva 2	Extensiva 3	Difusa 4
A Directa					
B Predominantemente directa		Intensiva			
C Uniforme		Intensiva y de radiación elevada			
D Predominantemente indirecta		De radiación elevada			
E indirecta		De radiación elevada			

Tabla 1. Curvas de distribución de intensidad luminosa.

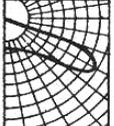
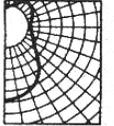
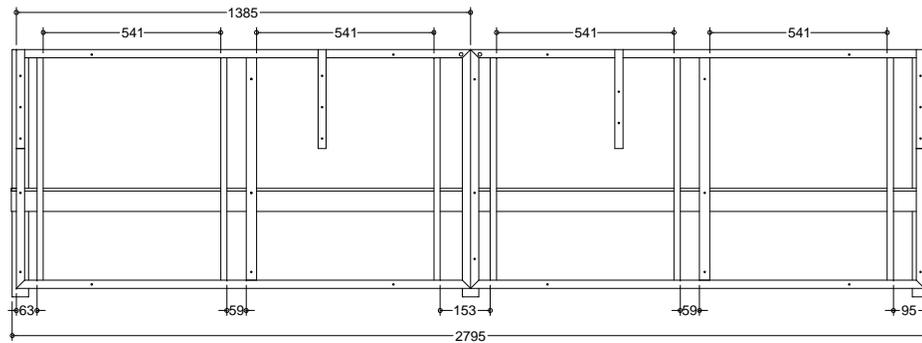
Luminaria	Techo	0.8			0.5		0.8			0.5		0.3	
	Pared	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	
	Suelo	0.3					0.1						
Índice K													
A 3		0,6	0,51	0,23	0,17	0,24	0,16	0,48	0,23	0,18	0,22	0,16	0,16
	0,8	0,65	0,36	0,27	0,36	0,28	0,61	0,34	0,28	0,34	0,28	0,26	
	1	0,76	0,47	0,36	0,45	0,37	0,70	0,44	0,37	0,42	0,36	0,35	
	1,25	0,87	0,57	0,48	0,54	0,46	0,80	0,55	0,47	0,52	0,45	0,44	
	1,5	0,95	0,66	0,56	0,62	0,55	0,86	0,64	0,55	0,60	0,53	0,52	
	2	1,05	0,79	0,69	0,75	0,67	0,94	0,75	0,68	0,72	0,66	0,64	
	2,5	1,11	0,88	0,79	0,83	0,76	0,99	0,82	0,76	0,79	0,74	0,72	
3	1,15	0,94	0,86	0,89	0,82	1,02	0,87	0,81	0,83	0,78	0,77		
4	1,20	1,03	0,95	0,95	0,89	1,04	0,93	0,88	0,89	0,85	0,84		
5	1,23	1,09	1,01	1,00	0,94	1,05	0,96	0,92	0,92	0,88	0,88		
B 2		0,6	0,51	0,30	0,22	0,26	0,21	0,48	0,29	0,23	0,26	0,21	0,20
	0,8	0,62	0,36	0,29	0,34	0,27	0,58	0,35	0,30	0,33	0,27	0,26	
	1	0,70	0,43	0,35	0,39	0,32	0,64	0,41	0,35	0,38	0,31	0,30	
	1,25	0,76	0,50	0,41	0,44	0,37	0,70	0,48	0,40	0,43	0,36	0,34	
	1,5	0,82	0,56	0,47	0,48	0,42	0,74	0,54	0,45	0,47	0,40	0,37	
	2	0,90	0,65	0,56	0,55	0,48	0,79	0,61	0,54	0,53	0,47	0,42	

Tabla 2. Rendimientos del local.

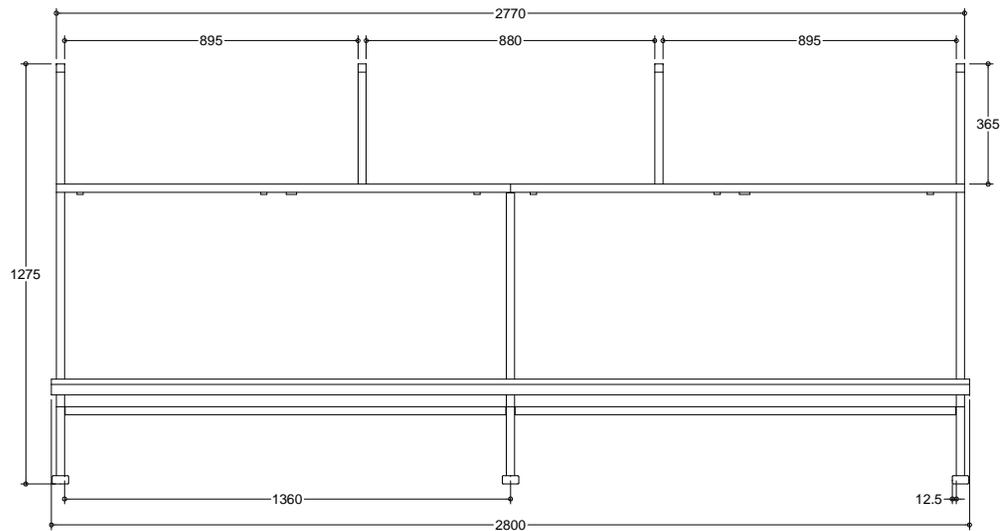
Nota: sólo se han incluido las tablas relacionadas con el análisis realizado.

Fuente: J. A. Taboada. Manual del alumbrado Osram. Editorial Dossat, Madrid 1983. (<http://editorial.cda.ulpgc.es>)

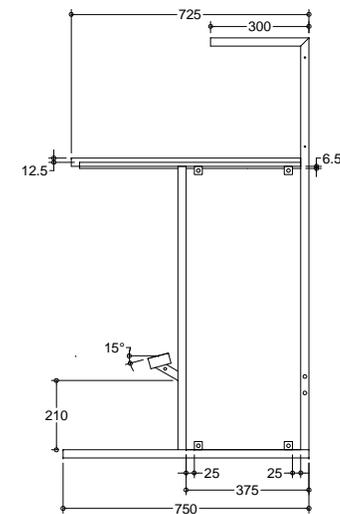
Anexo D: Planos



V. SUPERIOR

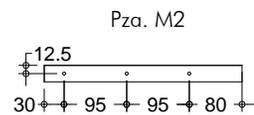


V. FRONTAL

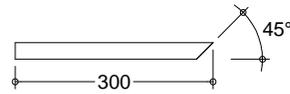


V. LATERAL DERECHA

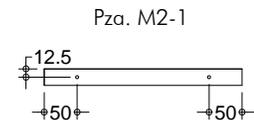
Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO:	P1
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM			
CONCEPTO: Mesa de trabajo (estructura)		ACOTACIÓN: mm	
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 1 DE 16	



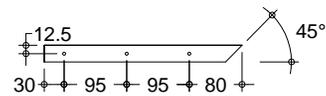
Pza. M2
V. Superior



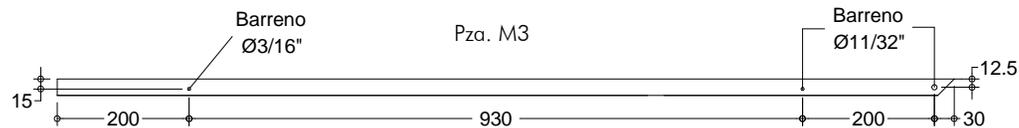
V. Frontal



Pza. M2-1
V. Superior

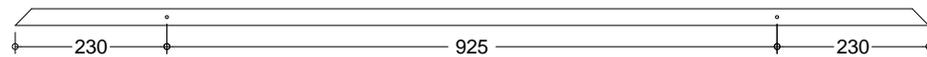


V. Frontal

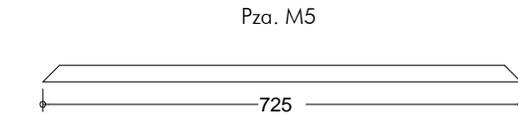


Pza. M3
V. Superior

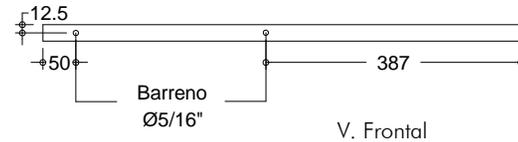
Pza. M6
V. Superior



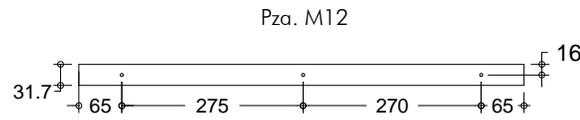
V. Superior



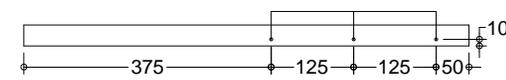
Pza. M5
V. Superior



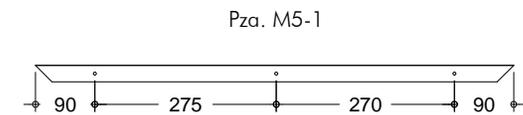
V. Frontal



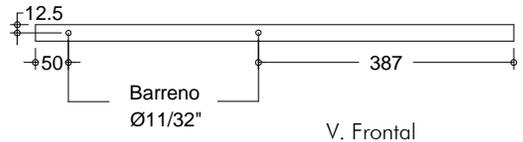
Pza. M12
V. Superior



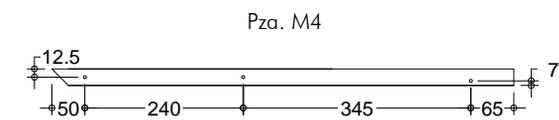
V. Frontal



Pza. M5-1
V. Superior



V. Frontal



Pza. M4
V. Superior

NOTA:

- Todos los cortes en ángulo son a 45°.
- Todos barrenos 3/16" de diámetro a menos que se indique otra dimensión.
- Todos barrenos pasantes a menos que se indique otra característica.

PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
M2	SopORTE repisa	Tubular acero 1" Cal. 14	300
M2-1	SopORTE repisa 2	Tubular acero 1" Cal. 14	300
M3	SopORTE horizontal 1	Tubular acero 1" Cal. 14	1360
M4	SopORTE transversal 1	Tubular acero 1" Cal. 14	700
M5	SopORTE transversal 2	Tubular acero 1" Cal. 14	725
M5-1	SopORTE transversal 3	Tubular acero 1" Cal. 14	725
M6	SopORTE horizontal 2	Tubular acero 1" Cal. 14	1385
M12	SopORTE cajonera 2	Tubular acero 1/1/4" Cal. 18	675

Universidad Tecnológica de la Mixteca

DIBUJO NO.

P2

PROYECTO:

Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM

CONCEPTO:

Mesa de trabajo (piezas de estructura)

ACOTACIÓN:

mm

DIBUJO:

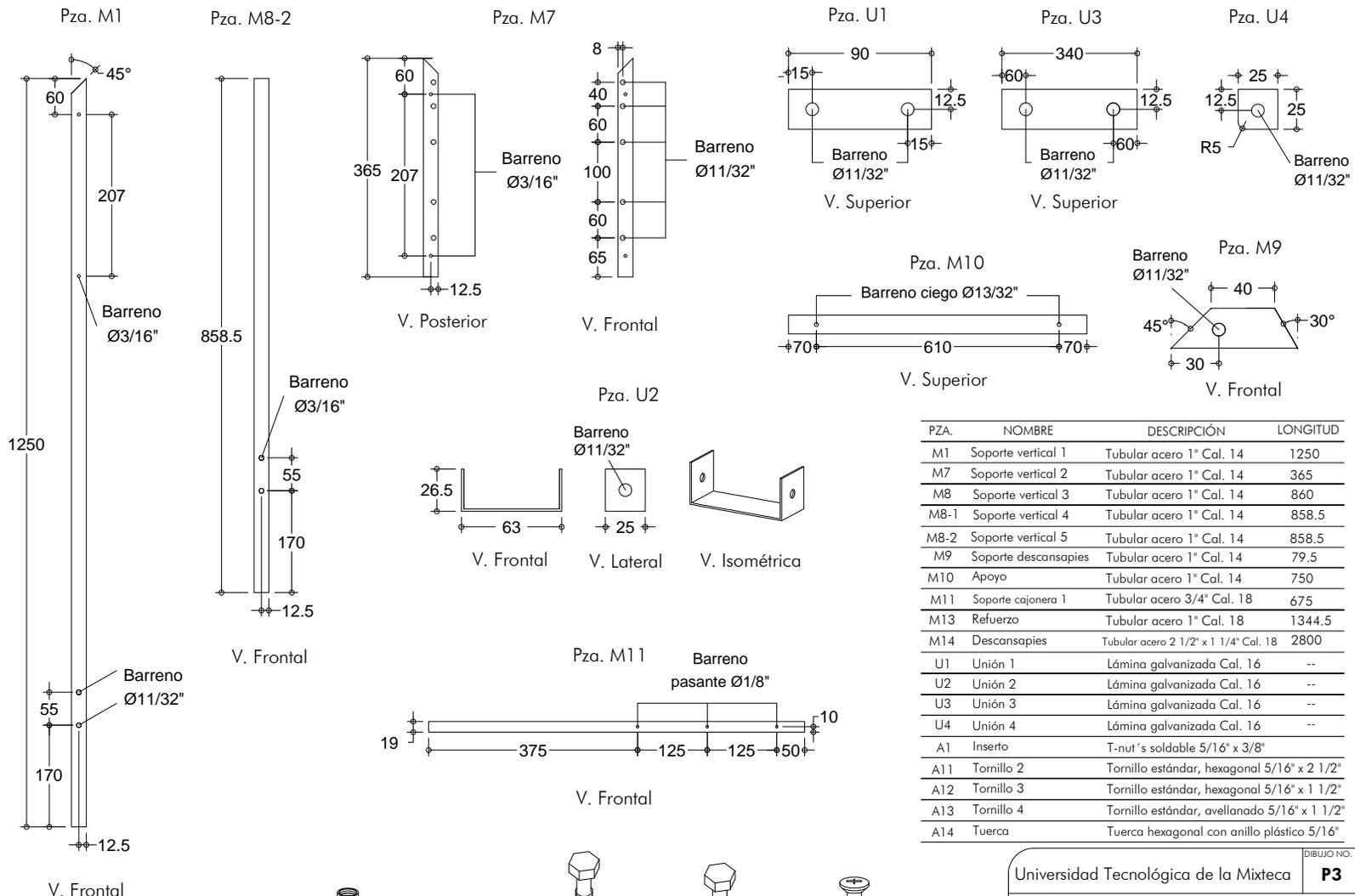
Miriam Bautista Montesinos

ESCALA:

Sin escala

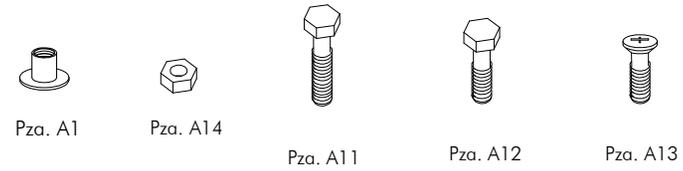
HOJA:

2 DE 16



PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
M1	Soporte vertical 1	Tubular acero 1" Cal. 14	1250
M7	Soporte vertical 2	Tubular acero 1" Cal. 14	365
M8	Soporte vertical 3	Tubular acero 1" Cal. 14	860
M8-1	Soporte vertical 4	Tubular acero 1" Cal. 14	858.5
M8-2	Soporte vertical 5	Tubular acero 1" Cal. 14	858.5
M9	Soporte descansapies	Tubular acero 1" Cal. 14	79.5
M10	Apoyo	Tubular acero 1" Cal. 14	750
M11	Soporte cajonera 1	Tubular acero 3/4" Cal. 18	675
M13	Refuerzo	Tubular acero 1" Cal. 18	1344.5
M14	Descansapies	Tubular acero 2 1/2" x 1 1/4" Cal. 18	2800
U1	Unión 1	Lámina galvanizada Cal. 16	--
U2	Unión 2	Lámina galvanizada Cal. 16	--
U3	Unión 3	Lámina galvanizada Cal. 16	--
U4	Unión 4	Lámina galvanizada Cal. 16	--
A1	Inserto	T-nut's soldable 5/16" x 3/8"	
A11	Tornillo 2	Tornillo estándar, hexagonal 5/16" x 2 1/2"	
A12	Tornillo 3	Tornillo estándar, hexagonal 5/16" x 1 1/2"	
A13	Tornillo 4	Tornillo estándar, avellanado 5/16" x 1 1/2"	
A14	Tuerca	Tuerca hexagonal con anillo plástico 5/16"	

NOTA:
 - Todos los cortes en ángulo son a 45°.
 - Todos barrenos pasantes a menos que se indique otra característica.



DIBUJO NO. **P3**

Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO:
Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM

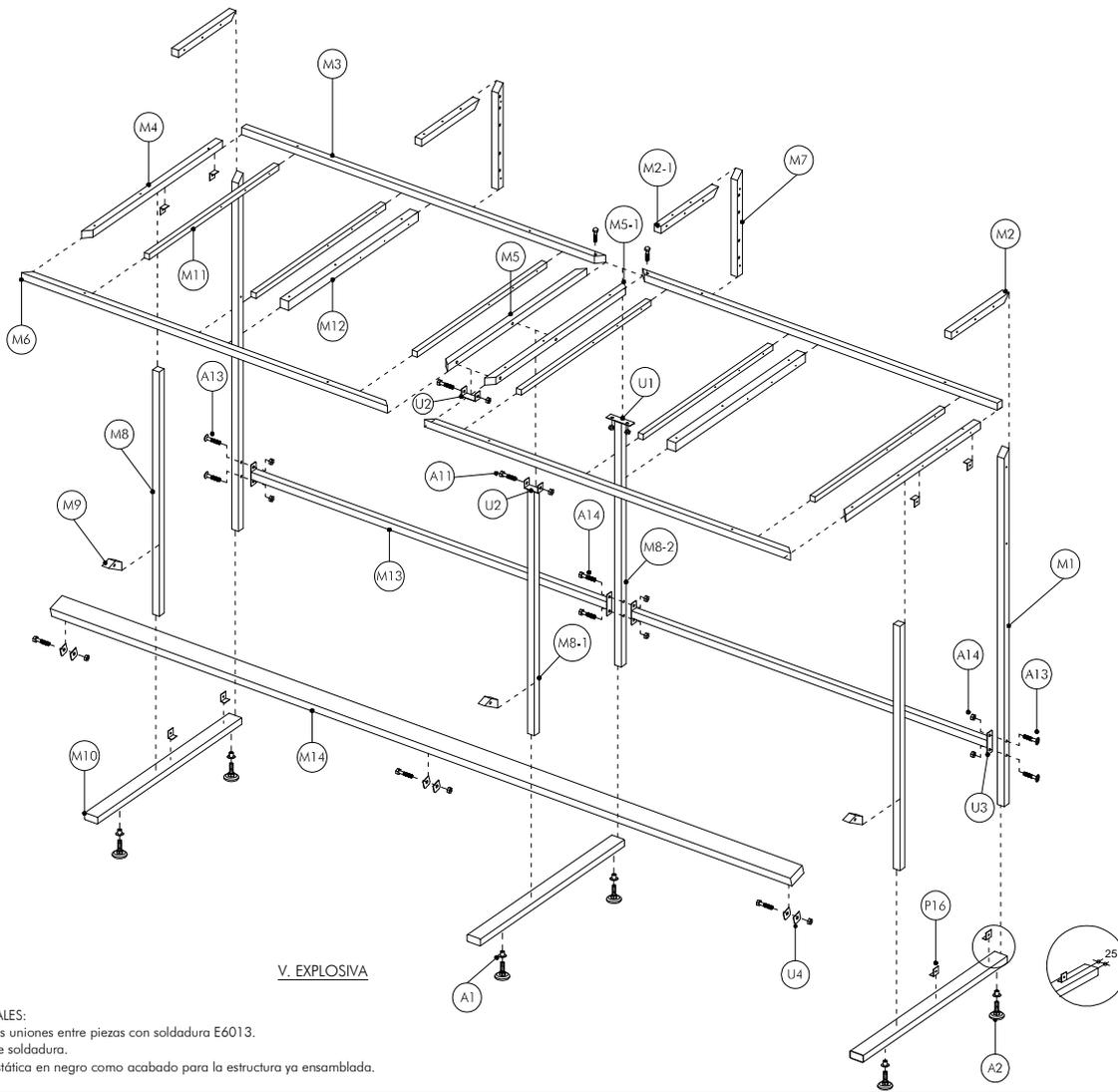
CONCEPTO:
Mesa de trabajo (piezas de estructura)

ACOTACIÓN:
mm

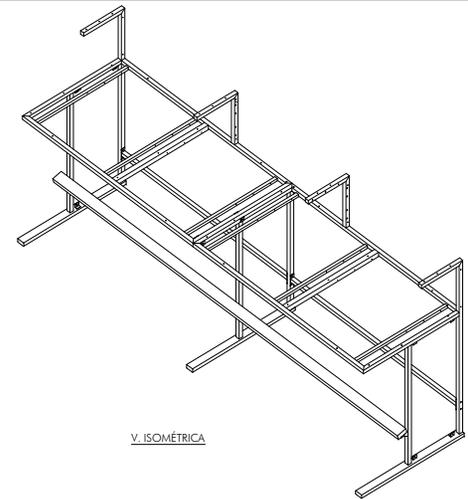
DIBUJO:
Miriam Bautista Montesinos

ESCALA:
Sin escala

HOJA:
3 DE 16



V. EXPLOSIVA



V. ISOMÉTRICA

PZA.	CANTIDAD	NOMBRE
M2	3	Soporte repisa
M2-1	1	Soporte repisa 2
M3	2	Soporte horizontal 1
M4	2	Soporte transversal 1
M5	1	Soporte transversal 2
M5-1	1	Soporte transversal 3
M6	2	Soporte horizontal 2
M8	2	Soporte vertical 3
M8-1	2	Soporte vertical 4
M9	3	Soporte descansapiés
M10	3	Apoyo
M11	5	Soporte cajonera 1
M12	2	Soporte cajonera 2
M13	2	Refuerzo 1
M14	1	Descansapiés
P16	8	Ángulo
U1	1	Unión 1
U2	2	Unión 2
U3	4	Unión 3
U4	6	Unión 4
A1	6	Inserto
A2	6	Nivelador
A11	2	Tornillo 2
A12	7	Tornillo 3
A13	4	Tornillo 4
A14	13	Tuerca

DRIBUO NO:
P4

Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO:
Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM

CONCEPTO:
Mesa de trabajo (explosivo estructura)

ACOTACIÓN:
mm

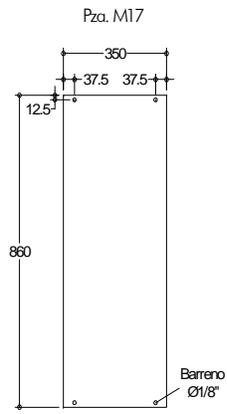
DRIBUO:
Miriam Bautista Montesinos

ESCALA:
Sin escala

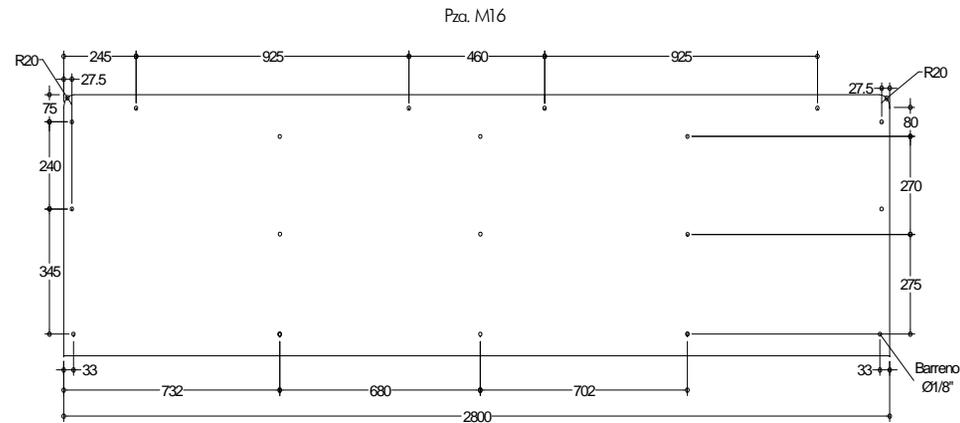
HOJA:
4 DE 16

NOTAS GENERALES:

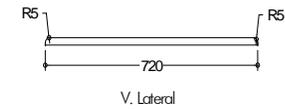
- Soldar todas las uniones entre piezas con soldadura E6013.
- Pulir excesos de soldadura.
- Pintura electrostática en negro como acabado para la estructura ya ensamblada.



V. Posterior

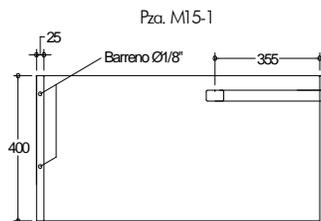


V. Inferior

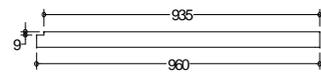


V. Lateral

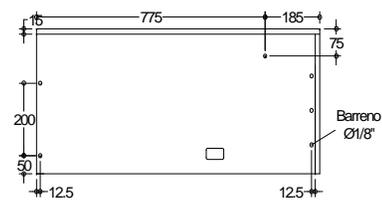
NOTA: Redondos de cantos en todo el contorno superior en 5mm de radio.



V. Superior

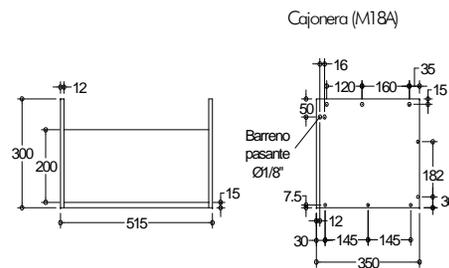


V. Frontal



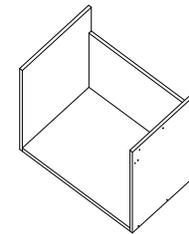
V. Inferior

NOTA: Todos barrenos ciegos de 1/8" de diámetro a 5mm de profundidad, a menos que se indique otra característica.

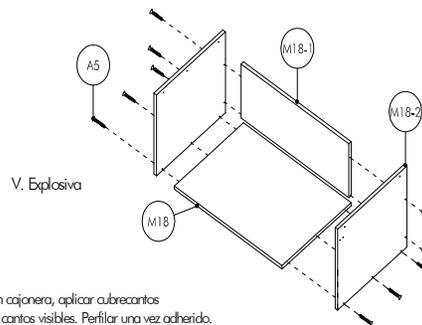


V. Frontal

V. Lateral Derecha

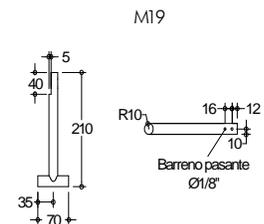


V. Isométrica



V. Explosiva

NOTA: En cajonera, aplicar cubrecantos 16mm en cantos visibles. Perfilar una vez adherido.



V. Superior

V. Lateral derecha

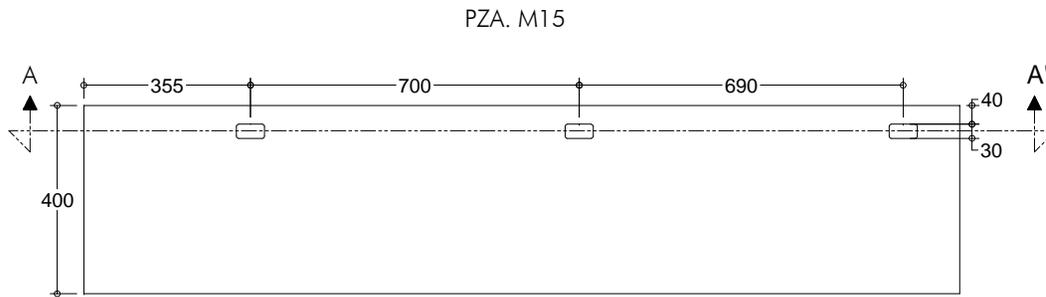


V. Isométrica

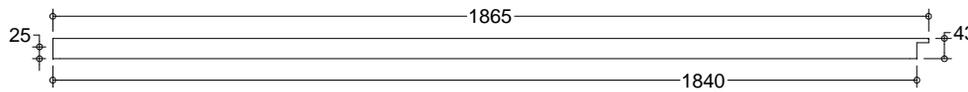
NOTA: Sólo en cajonera y pza. M19, todos barrenos pasantes de 1/8".

PZA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
M15	Repisa 1	MDF con melamina negro 18mm
M15-1	Repisa 2	MDF con melamina negro 18mm
M16	Base	Trespa TopLab Azul Glacial 20mm
M17	Lateral	MDF con melamina negro 12mm
M18	Fondo cajonera	MDF con melamina negro 15mm
M18-1	Trasera cajonera	MDF con melamina negro 12mm
M18-2	Lateral cajonera	MDF con melamina negro 12mm
M19	Jaladera	Madera de pino
A5	Pija	Pija tablaroca 8 x 11/2"

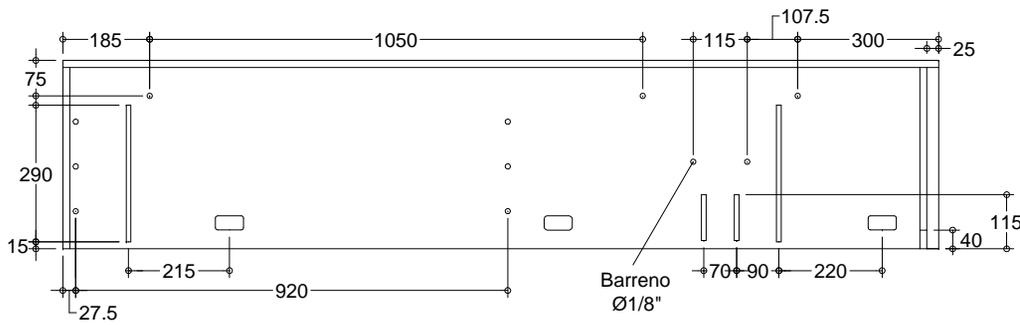
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA		DISEÑO:
PROYECTO		PS
Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO		ACCIÓN:
Mesa de trabajo (piezas)		mm
DIBUJO	ESCALA	FECHA
Miriam Bautista Montesinos	Sin escala	5 DE 16



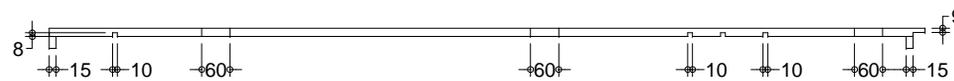
V. SUPERIOR



V. FRONTAL

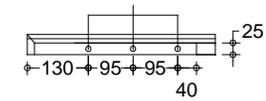


V. INFERIOR



V. SECCIÓN A-A'

Barreno pasante Ø1/8"



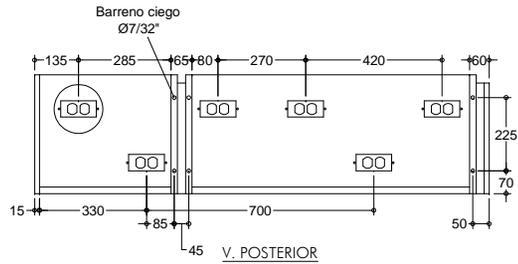
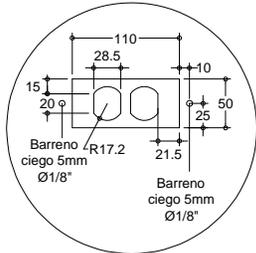
V. LATERAL DERECHA

PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
M15	Repisa 1	MDF con melamina negro 18mm

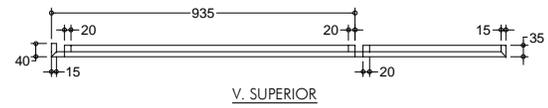
NOTA: Todos barrenos ciegos de 1/8" de diámetro a 5mm de profundidad, a menos que se indique otra característica.

Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P6
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de trabajo (repisa)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 6 DE 16

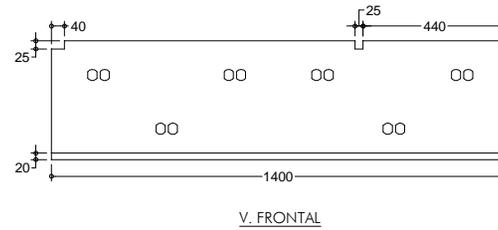
PZA. M20



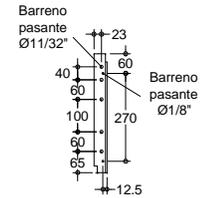
V. LATERAL IZQ.



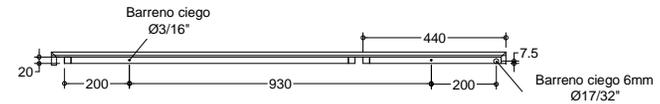
V. SUPERIOR



V. FRONTAL

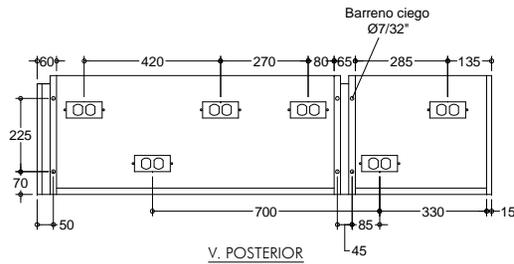


V. LATERAL DERECHA

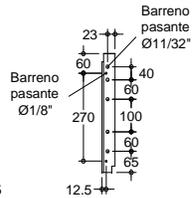


V. INFERIOR

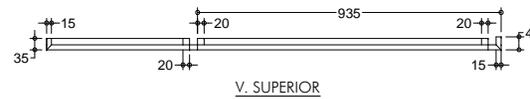
PZA. M20-1



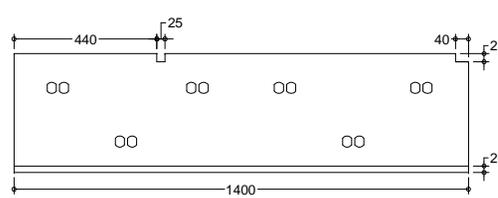
V. POSTERIOR



V. LATERAL IZQ.



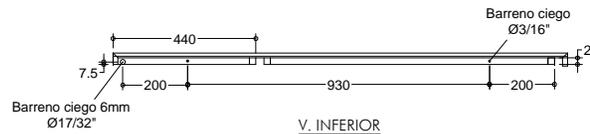
V. SUPERIOR



V. FRONTAL



V. LATERAL DERECHA

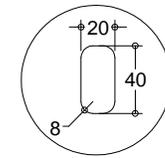
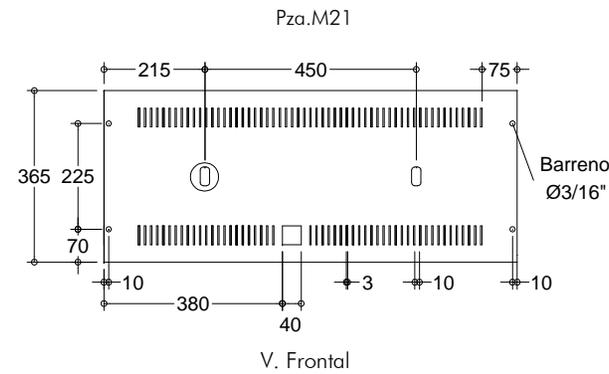
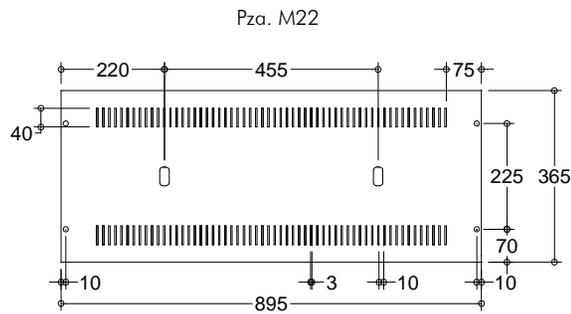


V. INFERIOR

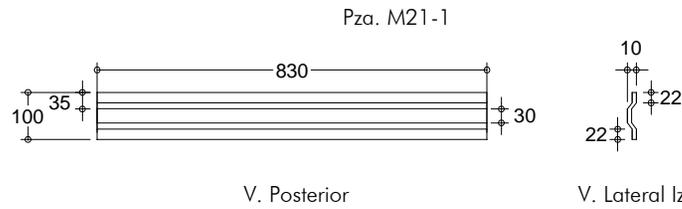
NOTA:
- Los barrenos ciegos de 7/32" de diámetro a 10mm de profundidad, a menos que se indique otra dimensión.

PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
M20	Tablero 1	MDF con melamina negro 15mm
M20-1	Tablero 2	MDF con melamina negro 15mm

Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO.
		P7
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de trabajo (tablero)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 7 DE 16

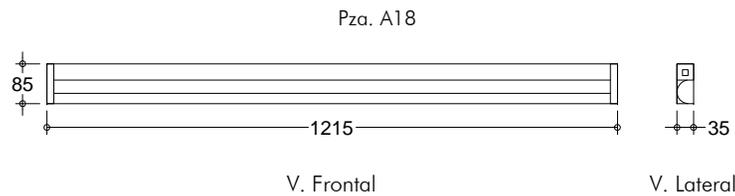


NOTA: Todos barrenos pasantes de 3/16" de diámetro.



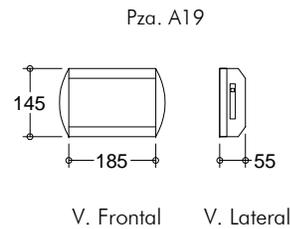
V. Posterior

V. Lateral Izq.



V. Frontal

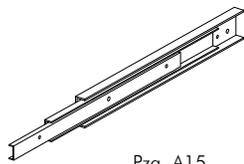
V. Lateral



V. Frontal

V. Lateral

PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
M21	Tapa 1	Lámina galvanizada Cal. 22
M21-1	Refuerzo tapa	Lámina galvanizada Cal. 22
M22	Tapa 2	Lámina galvanizada Cal. 22
A2	Nivelador	Nivelador Ø 46mm, tornillo 5/16" x 22mm
A4	Remache	Remache pop 1/8" x 3/16"
A5	Pija	Pija tablaroca 8 x 1 1/2"
A5-1	Pija	Pija tablaroca 8 x 1 3/4"
A6	Pija 2	Pija aglomerado 10 x 1/2"
A7	Tornillo	Estándar, tornillo gripper 6 x 1/2"
A9	Cubrecanto 2	Cubrecanto PVC 1mm, ancho 16mm
A15	Corredera 2	Extensión total longitud 350mm
A16	Inserto tuerca	Inserto tuerca 1/8" x 3/8"
A17	Tornillo 5	Estándar, cabeza abombada 1/8" x 1/2"
A18	Lámpara	Fluorescente, Portofino I
A19	Centro de carga	Starcys, 2 polos, 120/240 V~, 50A.



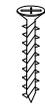
Pza. A15



Pza. A2



Pza. A4



Pza. A5



Pza. A6



Pza. A7



Pza. A16



Pza. A17

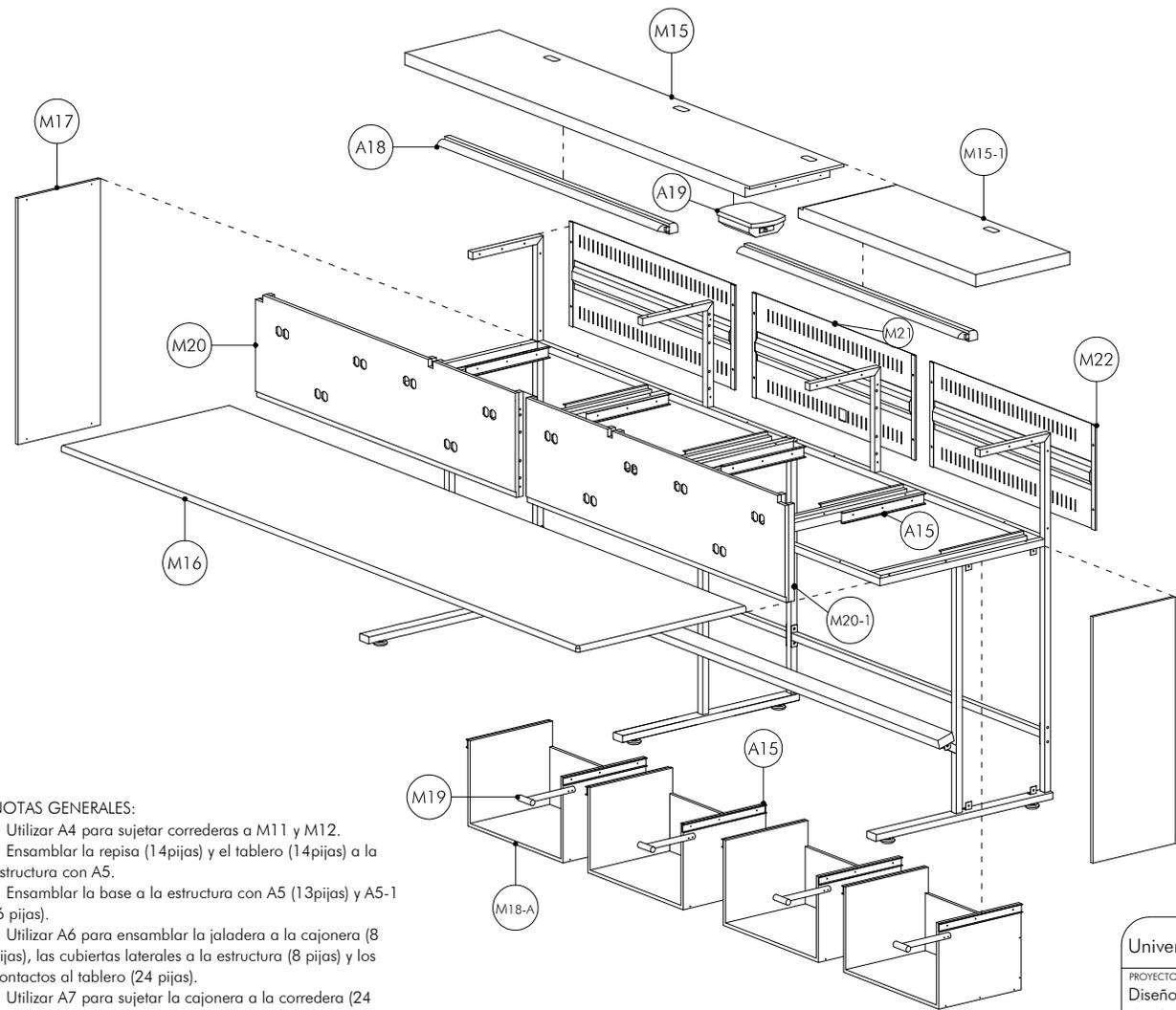
Universidad Tecnológica de la Mixteca

DIBUJO NO. **P8**

PROYECTO:
Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM

CONCEPTO:
Mesa de trabajo (piezas) ACOTACIÓN:
mm

DIBUJO:
Miriam Bautista Montesinos ESCALA:
Sin escala HOJA:
8 DE 16



- NOTAS GENERALES:**
- Utilizar A4 para sujetar correderas a M11 y M12.
 - Ensamblar la repisa (14 pijas) y el tablero (14 pijas) a la estructura con A5.
 - Ensamblar la base a la estructura con A5 (13 pijas) y A5-1 (6 pijas).
 - Utilizar A6 para ensamblar la jaladera a la cajonera (8 pijas), las cubiertas laterales a la estructura (8 pijas) y los contactos al tablero (24 pijas).
 - Utilizar A7 para sujetar la cajonera a la corredera (24 tornillos), lámparas (4 tornillos) y centro de carga (2 tornillos) a la repisa.
 - Colocar A16 en cara posterior de la repisa (12 pzas).
 - Utilizar A17 para sujetar las tapas al tablero (12 tornillos).

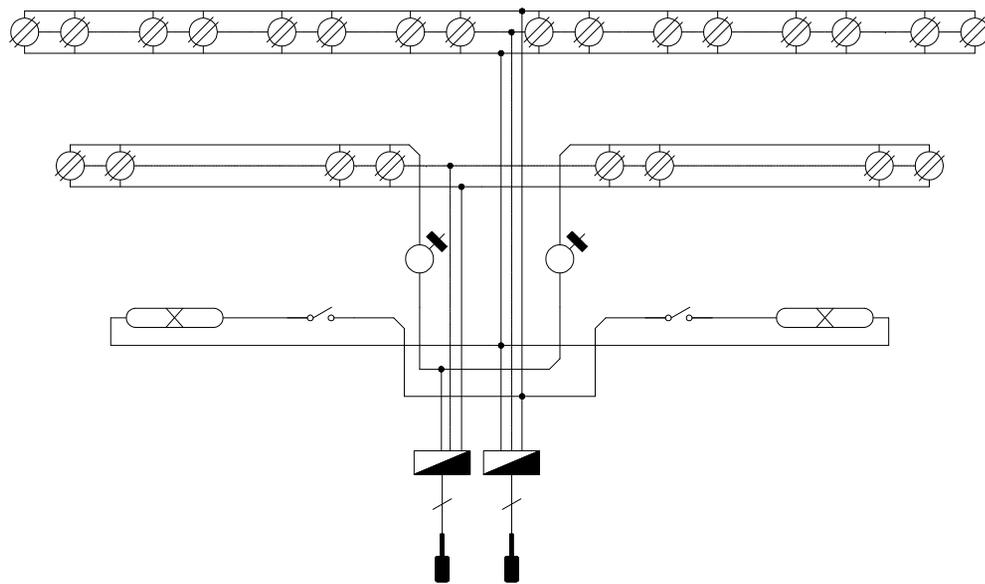
PZA.	CANTIDAD	NOMBRE
M15	1	Repisa 1
M15-1	1	Repisa 2
M16	1	Base
M17	2	Lateral
M18-A	4	Cajonera
M19	4	Jaladera
M20	1	Tablero 1
M20-1	1	Tablero 2
M21	1	Tapa 1
M22	2	Tapa 2
A4	24	Remache
A5	41	Pija
A5-1	6	Pija
A6	40	Pija 2
A7	30	Tornillo
A15	8	Corredera 2
A16	12	Inserto fuerza
A17	12	Tornillo 5
A18	2	Lámpara
A19	1	Centro de carga

Universidad Tecnológica de la Mixteca DIBUJO NO. **P9**

PROYECTO:
Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM

CONCEPTO:
Mesa de programación (explosivo) ACOTACIÓN: mm

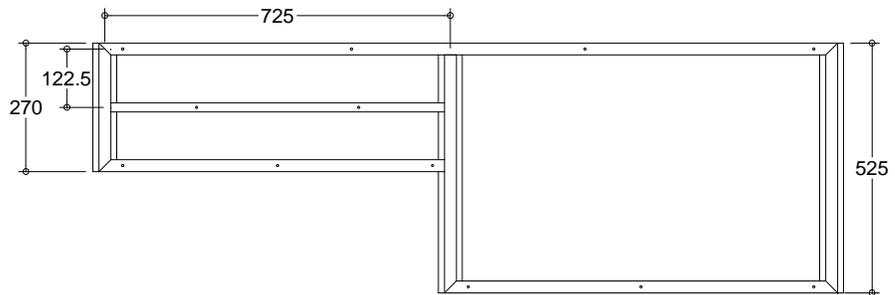
DIBUJO:
Miriam Bautista Montesinos ESCALA: Sin escala HOJA: 9 DE 16



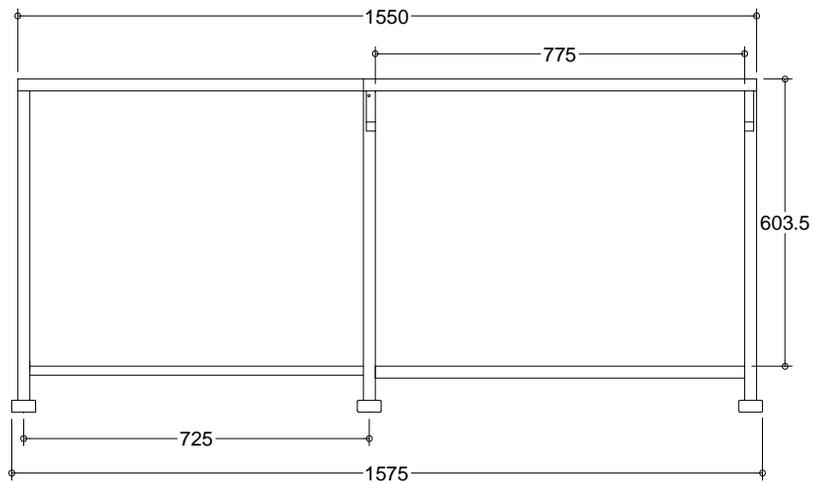
SIMBOLOGÍA

- ⊗ Contacto polarizado y aterrizado de 15A a 127V~
- ⊗ Interruptor termomagnético de 10A a 127V~
- ⊗ Lámpara fluorescente 28W
- ⊗ Interruptor de balancín con piloto de 10A a 125V~
- ▭ Centro de carga
- ♂ Clavija macho 15A a 127V~
- Conductor fase
- Conductor tierra
- Conductor neutro
- Cruce con conexión
- /— Conductor eléctrico de tres hilos de 20A

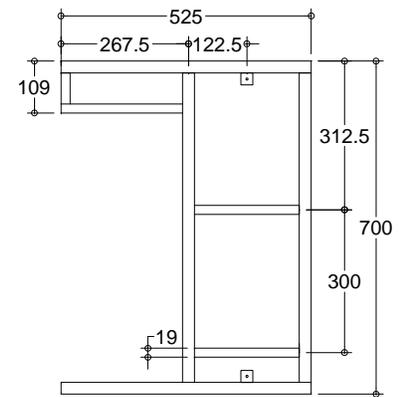
Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO.
		P 10
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de trabajo (Instalación eléctrica)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 10 DE 16



V. SUPERIOR

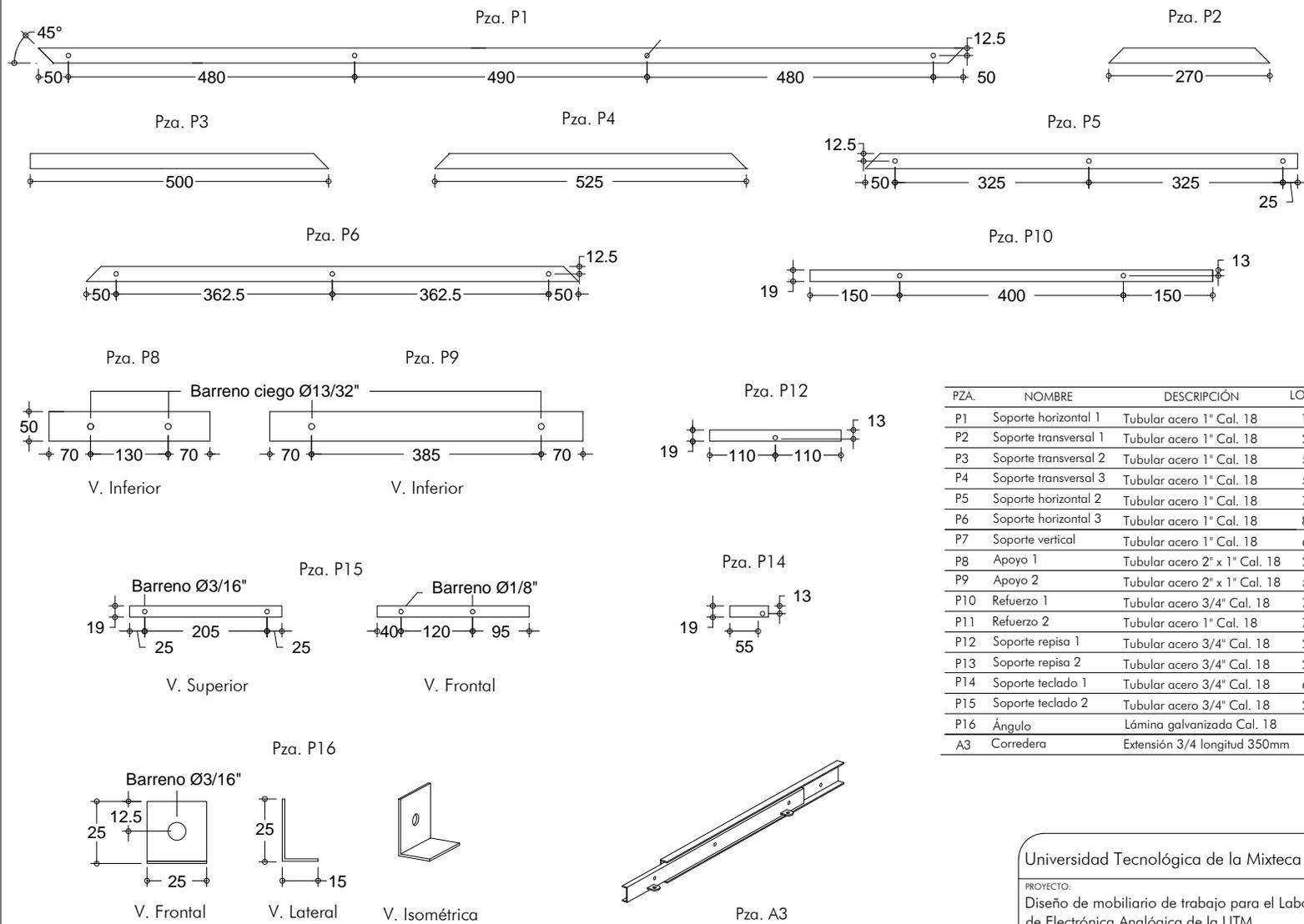


V. FRONTAL



V. LATERAL DERECHA

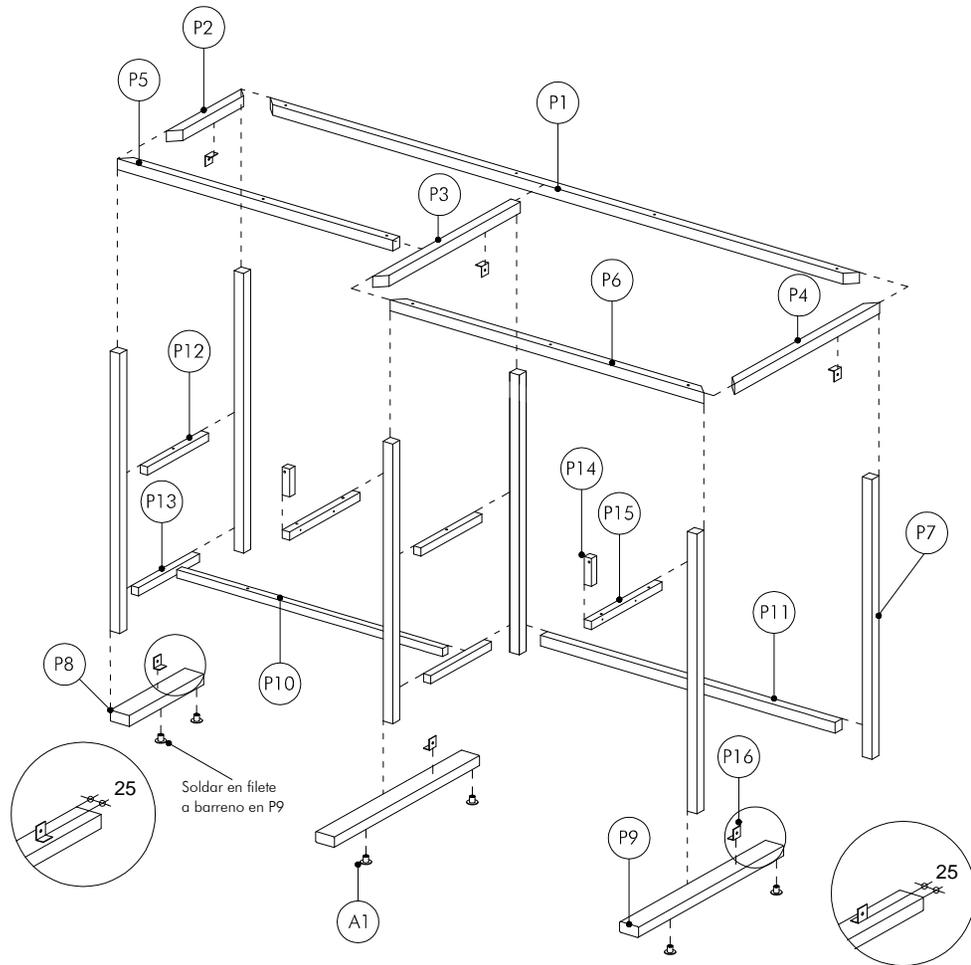
Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P11
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de programación (estructura)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 11 DE 16



PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
P1	Soporte horizontal 1	Tubular acero 1" Cal. 18	1550
P2	Soporte transversal 1	Tubular acero 1" Cal. 18	270
P3	Soporte transversal 2	Tubular acero 1" Cal. 18	500
P4	Soporte transversal 3	Tubular acero 1" Cal. 18	525
P5	Soporte horizontal 2	Tubular acero 1" Cal. 18	725
P6	Soporte horizontal 3	Tubular acero 1" Cal. 18	825
P7	Soporte vertical	Tubular acero 1" Cal. 18	650
P8	Apoyo 1	Tubular acero 2" x 1" Cal. 18	270
P9	Apoyo 2	Tubular acero 2" x 1" Cal. 18	525
P10	Refuerzo 1	Tubular acero 3/4" Cal. 18	700
P11	Refuerzo 2	Tubular acero 1" Cal. 18	775
P12	Soporte repisa 1	Tubular acero 3/4" Cal. 18	220
P13	Soporte repisa 2	Tubular acero 3/4" Cal. 18	220
P14	Soporte teclado 1	Tubular acero 3/4" Cal. 18	65
P15	Soporte teclado 2	Tubular acero 3/4" Cal. 18	255
P16	Ángulo	Lámina galvanizada Cal. 18	--
A3	Corredera	Extensión 3/4 longitud 350mm	--

NOTA:
 - Todos los cortes en ángulo son a 45°.
 - Todos barrenos pasantes de 3/16" de diámetro a menos que se indique otra dimensión.

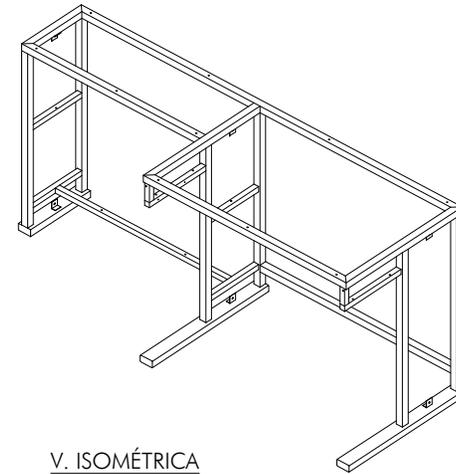
Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P12
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de programación (pzas. de estructura)	ACOTACIÓN: mm	
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 12 DE 16



V. EXPLOSIVA

NOTAS GENERALES:

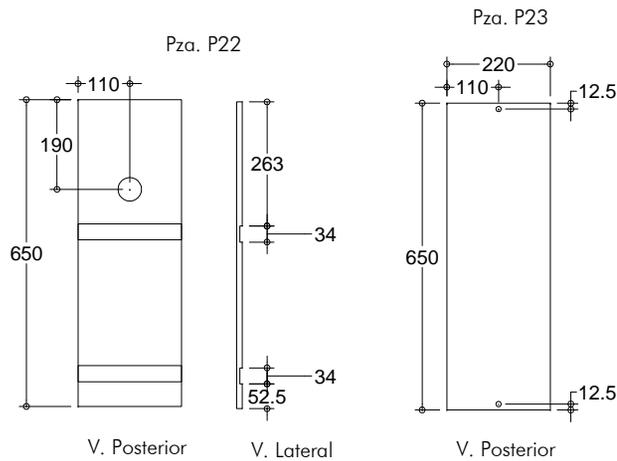
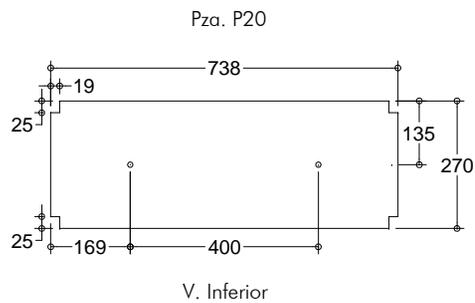
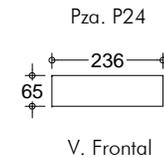
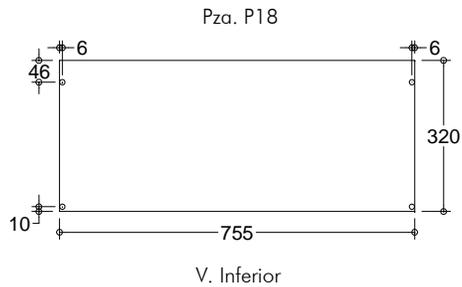
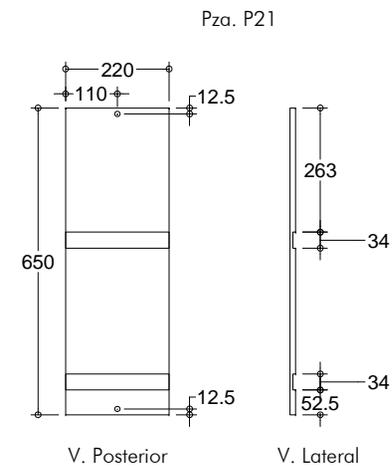
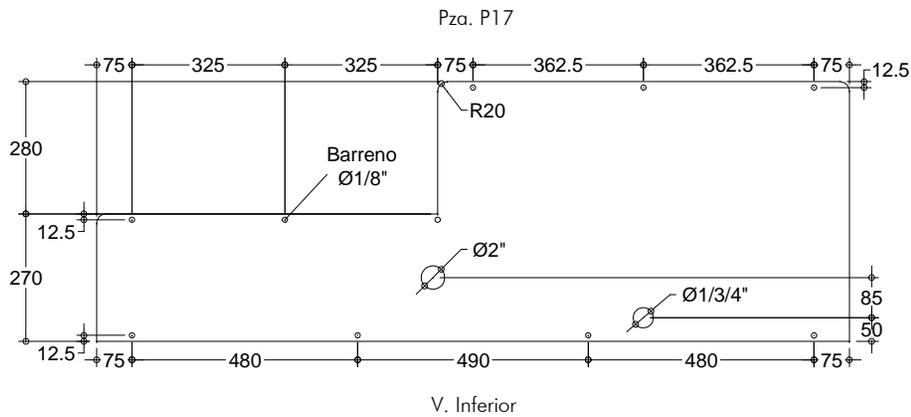
- Soldar todas las uniones entre piezas con soldadura E6013.
- Pulir excesos de soldadura.
- Pintura electrostática en negro como acabado para la estructura ya ensamblada.



V. ISOMÉTRICA

PZA.	CANTIDAD	NOMBRE
P1	1	SopORTE horizontal 1
P2	1	SopORTE transversal 1
P3	1	SopORTE transversal 2
P4	1	SopORTE transversal 3
P5	1	SopORTE horizontal 2
P6	1	SopORTE horizontal 3
P7	6	SopORTE vertical
P8	1	Apoyo 1
P9	2	Apoyo 2
P10	1	Refuerzo 1
P11	1	Refuerzo 2
P12	2	SopORTE repisa 1
P13	2	SopORTE repisa 2
P14	2	SopORTE teclado 1
P15	2	SopORTE teclado 2
P16	6	Ángulo
A1	6	Inserto

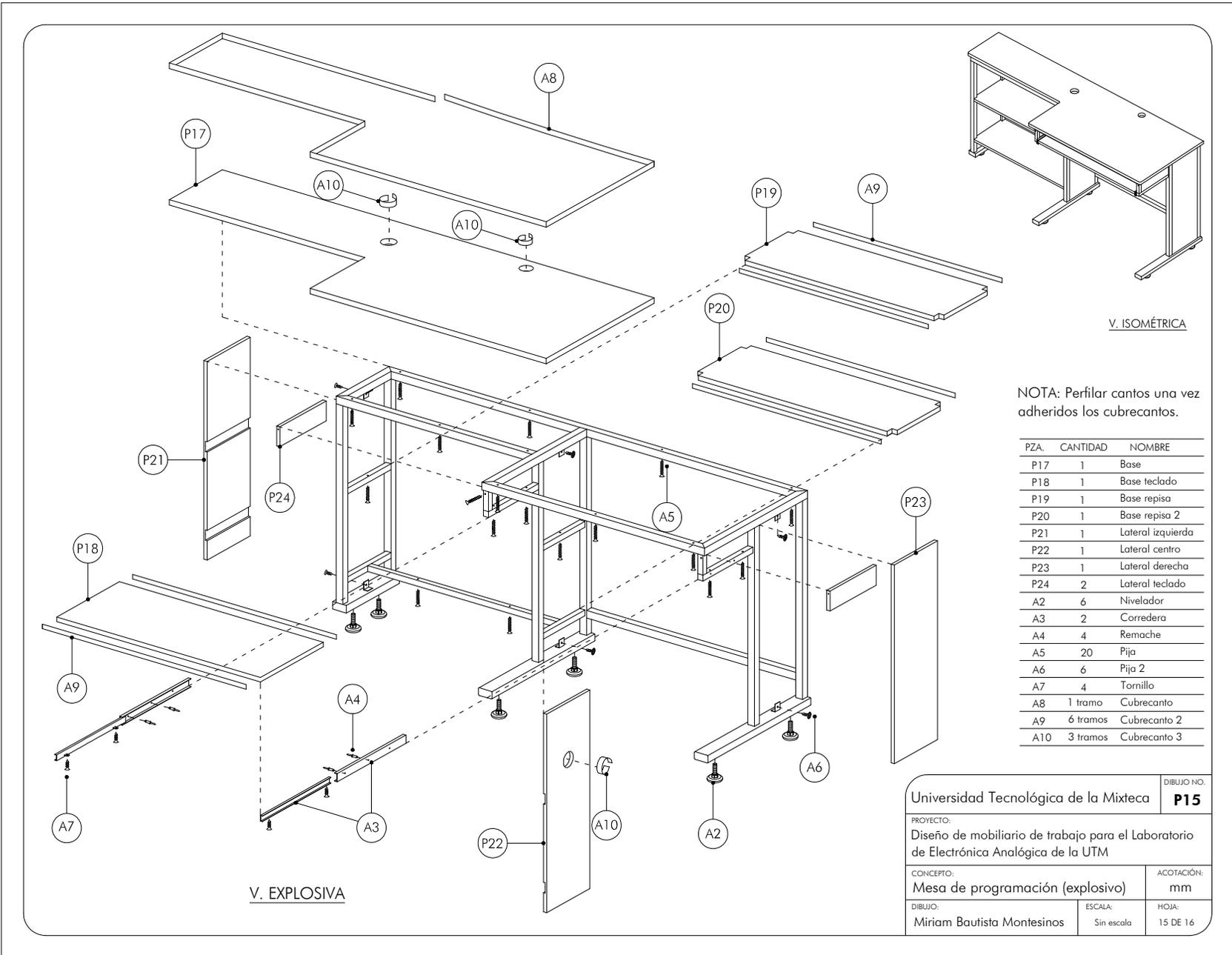
Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P13
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de programación (estructura)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 13 DE 16

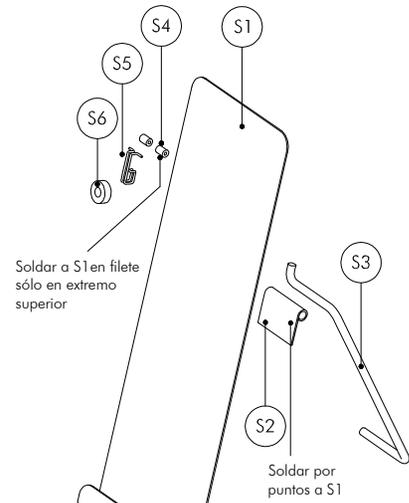
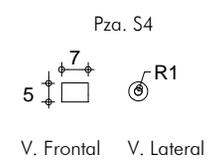
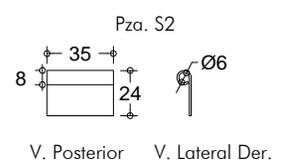
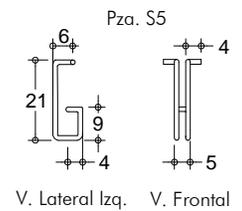
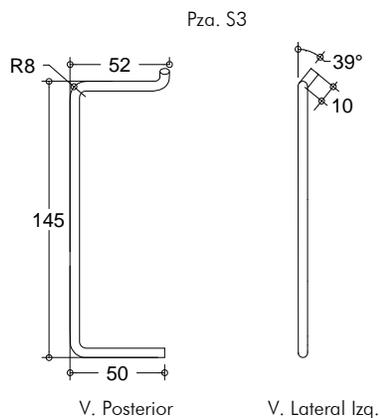


PZA.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
P17	Base	MDF con melamina negro 18mm
P18	Base teclado	MDF con melamina negro 15mm
P19	Base repisa	MDF con melamina negro 15mm
P20	Base repisa 2	MDF con melamina negro 15mm
P21	Lateral izquierda	MDF con melamina negro 12mm
P22	Lateral centro	MDF con melamina negro 12mm
P23	Lateral derecha	MDF con melamina negro 12mm
P24	Lateral teclado	MDF con melamina negro 12mm
A8	Cubrecanto	Cubrecanto PVC 1mm, ancho 19mm
A9	Cubrecanto 2	Cubrecanto PVC 1mm, ancho 16mm
A10	Cubrecanto 3	Cubrecanto PVC 0.4mm, ancho 19mm

NOTA: Todos barrenos ciegos de 1/8" de diámetro a 5mm de profundidad, a menos que se indique otra dimensión.

Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P14
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Mesa de programación (piezas)		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 14 DE 16

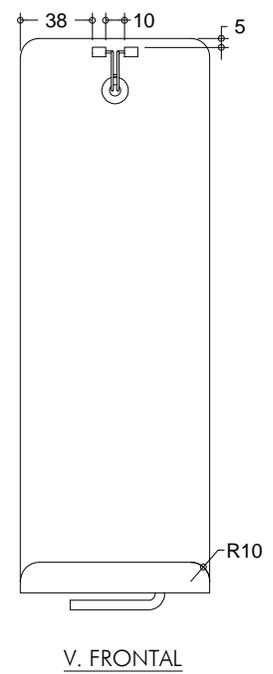
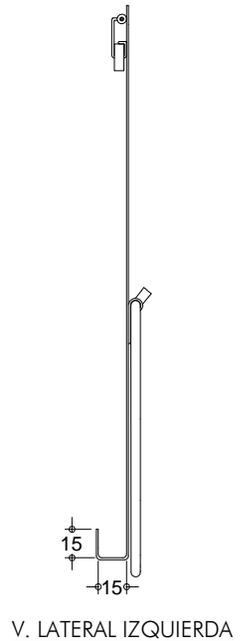
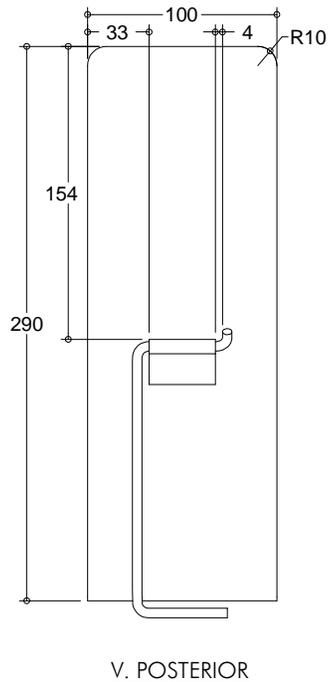




V. EXPLOSIVA

NOTAS GENERALES:
 - Limar excesos de soldadura y bordes agudos.
 - Pintura electrostática en negro como acabado para el soporte ya ensamblado.

PZA.	CANTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
S1	1	Base	Lámina galvanizada Cal. 22
S2	1	Placa	Lámina galvanizada Cal. 22
S3	1	Apoyo	Alambroón de acero 3/16"
S4	2	Poste	Alambroón de acero 3/16"
S5	1	Unión	Alambre cromado Cal. 18
S6	1	Imán	Imán ferrita, 14mm Ø ext., 6mm Ø int.



Universidad Tecnológica de la Mixteca		DIBUJO NO. P16
PROYECTO: Diseño de mobiliario de trabajo para el Laboratorio de Electrónica Analógica de la UTM		
CONCEPTO: Soporte de documentos		ACOTACIÓN: mm
DIBUJO: Miriam Bautista Montesinos	ESCALA: Sin escala	HOJA: 16 DE 16