

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL ACTUAL PUESTO DE CONTROL DE CALIDAD
(PCC) USADO PARA ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE TUBERÍA EN PE
(POLIETILENO) PRODUCIDA EN LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN E1 DE LA
EMPRESA EXTRUCOL, COLOMBIANA DE EXTRUSIÓN S. A.**

RUBÉN MAURICIO URREA BENÍTEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2014

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL ACTUAL PUESTO DE CONTROL DE CALIDAD
(PCC) USADO PARA ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE TUBERÍA EN PE
(POLIETILENO) PRODUCIDA EN LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN E1 DE LA
EMPRESA EXTRUCOL, COLOMBIANA DE EXTRUSIÓN S. A.**

RUBÉN MAURICIO URREA BENÍTEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el Título de
Diseñador Industrial

Director de Proyecto, UIS

D.I. GERMAN ENRIQUE VARGAS LINARES

Tutor

ING. JORGE ELEÁZAR CASTELLANOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A mí querida Madre...

AGRADECIMIENTOS

A mi Padre, le agradezco su tenacidad.

A mi hermana, le agradezco sus palabras sabias.

A mi segunda madre, mi querida tía Lucia, le Agradezco su constancia.

A mi Profesor, le agradezco sus enseñanzas y su paciencia.

A mi Jefe en Extrucol, por permitirme ser parte de un gran proyecto.

A todos los Encargados de Línea, laboratoristas y Operarios de la Empresa EXTRUCOL S. A., por su gran apoyo en este proyecto.

A la academia, sin sus enseñanzas esto no hubiera sido posible

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. ANTECEDENTES	20
1.2.1. Antecedentes de la empresa	20
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. Objetivo General	24
1.3.2. Objetivos Específicos	24
1.4. ALCANCE DE LA PRÁCTICA	24
2. MARCO TEORICO	26
2.1. ANALISIS DE ESTADO ACTUAL	28
2.2. EVALUACIÓN HEURÍSTICA	28
2.3. AMFE	30
2.4. METODOS Y TIEMPOS	31
2.5. LEST / RULA	32
2.6. ANTROPOMETRIA	43
2.7. QFD	44
2.8. BOCETACION	47
2.9. CAD	48
2.10. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO	49
2.11. EVALUACION	49
2.12. MANUAL DE USO	49
3. FASE ANALITICA	50
3.1. EL SISTEMA DE TRABAJO	50
3.1.1. El Puesto de Control	51

3.1.2. Los medios de trabajo	51
3.1.3. El Área de Trabajo La línea de Extrusión E1	56
3.1.4. Consideraciones	58
3.2. EVALUACION DE LA INTERFAZ	60
3.2.1. Accesibilidad	60
3.2.2. Autonomía	61
3.2.3. Legibilidad	61
3.2.4. Consistencia	62
3.2.5. Valoración de la Interfaz	63
3.3. ANALISIS DE FALLOS EN LA LINEA DE EXTRUSIÓN	66
3.3.1. Aplicación del método AMFE	66
3.3.2. Valoración de fallos	67
3.4. ACTIVIDADES DEL ENCARGADO	71
3.4.1. Registros de calidad y control de la producción	72
3.4.2. Actividades y desplazamientos	73
3.4.3. Ciclos de trabajo	75
3.4.4. Flujos de trabajo	75
3.4.5. Turno normal de producción	79
3.4.6. Síntesis de las actividades	80
3.4.7. Conclusiones	80
3.4.8. Propuestas de mejora.	81
3.5. EVALUACION GLOBAL DEL PUESTO	86
3.5.1. El Entorno Físico	86
3.5.2. Carga Física	99
3.5.3. Carga Mental	103
3.5.4. Puntos de mejora	110
3.6. ESTUDIO ANTROPOMETRICO	114
3.6.1. Proceso de Captura	114
3.6.2. Obtención de Datos	117
3.6.3. Creación del Avatar	121

3.7. REQUERIMIENTOS	123
3.7.1. Valoración de Requerimientos	123
3.7.2. Limitaciones y alcances	129
4. FASE CREATIVA	131
4.1. BOCETACIÓN	131
4.1.1. Interpretación Grafica de los Elementos del Puesto	131
4.1.2. Interpretación Grafica del Entorno	133
4.1.3. El Puesto Según el Encargado de Línea	135
4.1.4. La superficie de Trabajo	137
4.1.5. La altura del puesto	140
4.1.6. Estructura	141
4.2. MODELADO CAD, DISEÑO DETALLADO.	143
4.2.1. Prueba de Elementos Finitos	143
4.2.2. Modelado Alternativa 1	145
4.2.3. Rediseño de la Estructura	146
4.2.4. Modelado Alternativa 2	148
4.3. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO	149
4.3.1. Aprobación del Prototipo	149
4.3.2. Inventario de Piezas y Partes	150
4.3.3. Manufactura	151
5. FASE DE EVALUACION	155
5.1. ANALISIS DE LA NUEVA INTERFAZ	155
6. FASE DE COMUNICACIÓN	157
6.1. MANUAL DE USO	157
7. CONCLUSIONES	158
BIBLIOGRAFÍA	160
ANEXOS	163

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ventas vs Utilidad Operacional de Extrucol S. A. al Año 2012	21
Figura 2. Proyección de Extrucol al año 2017	21
Figura 3. Disposición de elementos de trabajo en el puesto	23
Figura 4. Elementos de trabajo según su aplicación	23
Figura 5: Metodología Proyectual	28
Figura 6. Ejemplo de evaluación heurística de interfaces	29
Figura 7: Flujo de obtención de puntuación del método RULA	42
Figura 8: Antropometría por Fotogrametría	44
Figura 9: Partes de un QFD de requerimientos	45
Figura 10: El ping – pong del diseño hablado	48
Figura 11. Situación actual del Puesto en Planta Industrial	50
Figura 12: Partes del Puesto	51
Figura 13: a) Computador – b) estabilizador – c) Teléfono	52
Figura 14: Elementos Básicos de Oficina	52
Figura 15: a) Medidor de Ovalamiento –b) Micrómetro	53
Figura 16: a) Cinta Pi – b) Calibrador	53
Figura 17: a) cuchillo – b) Destornillador – c) Tornillos y cuchara	54
Figura 18 : a) Alcohol – b) Accesorios de la línea	54
Figura 19: Probetas de tubería	55
Figura 20: a) Vista Lateral Asiento - b) Vista Frontal Asiento	55
Figura 21: Área de Trabajo del Encargado de Línea de Extrusión E1	56
Figura 22: a) Zona de Silos – b) Tolva, detalle de Materia Prima (PELLETS)	56
Figura 23: a) Extrusora – b) Cabezal de Extrusión – c) Tanque de Vacío	57
Figura 24: a) Ultrasonido y Corrector de Ovalamiento, -b) Tanques de Refrigeración, -c) Halador	57

Figura 25: a) Marcador, -b) Cortadora, -c) Botador	58
Figura 26: a) Acceso al cajón – b) acceso al teléfono	64
Figura 27: Acceso al asiento	64
Figura 28: a) Medir, después digitar – b) Medir y digitar al mismo tiempo	64
Figura 29: Grafico de Dispersión de la Interfaz	66
Figura 30: Sectores Línea Extrusión E1 para Análisis AMFE	66
Figura 31: Resultados AMFE Línea de Extrusión E1, Valoración de NPR	68
Figura 32: a) Humedad por acumulación de Pellets, -b) Acumulación de estivas con materia prima	69
Figura 33: a) Accesorios línea E1, -b) Fuga de Material en Extrusora	70
Figura 34: a) Herramientas sobre la línea E1, -b) Acumulación de Tornillería	70
Figura 35: a) Charcos en Línea E1, -b) Accesorios acumulados en la línea	71
Figura 36: Formato de Control Dimensional	72
Figura 37: Actividades y Desplazamientos por Línea de Extrusión E1	74
Figura 38: Diagrama de Proceso, Actividades Encargado de línea	75
Figura 39: Flujo de trabajo durante el arranque	76
Figura 40: Flujo de trabajo general	78
Figura 41: Flujo de trabajo general	79
Figura 42: Secuencia optima de actividades	82
Figura 43: Medios que pertenecen al puesto	83
Figura 44: Reducción de desplazamientos	85
Figura 45: Área de Estudio Planta Extrucol S.A.	86
Figura 46: Diagrama de superficie. Temperaturas, Planta Extrucol S.A.	87
Figura 47: Diagrama de superficie. Humedad relativa, Planta Extrucol S.A.	89
Figura 48: Diagrama de superficie. Acústica, Planta Extrucol S.A.	94
Figura 49: Diagrama de superficie. Luminancia, Planta Extrucol S.A.	97
Figura 50: a) Línea de extrusión E1 de noche – b) puesto de control E1 de noche	99
Figura 51: Diego Fernando Molina, a) de frente – b) de perfil	117
Figura 52: Fotogrametría a Operario Diego Fernando Molina	118

Figura 53: Medidas de Avatar para el Promedio	122
Figura 54: Medidas de Avatar para el Extremo Bajo	122
Figura 55: Medidas de Avatar para el Extremo Alto	123
Figura 56: Elementos Propios del puesto	131
Figura 57: Alternancia entre digitar y medir, boceto de modelo básico	132
Figura 58: El puesto y la Línea de Extrusión	133
Figura 59: Accesorios más usados por el encargado en la calibración del tubo	134
Figura 60: Distancias entre el puesto y la Línea de extrusión	135
Figura 61: Retrato hablado 1 del Puesto según los Encargados de Línea	135
Figura 62: a) Retrato hablado 2 , -b) Retrato hablado 3	136
Figura 63: Superficie de trabajo, forma básica	138
Figura 64: a) Superficie de trabajo boceto 1, -b) Superficie de trabajo, boceto 2	138
Figura 65: a) Superficie de trabajo, boceto 3, -b) Superficie de trabajo, boceto 4	139
Figura 66: Definición formal de la altura de trabajo	140
Figura 67: Definición de altura para medición de ovalamiento	140
Figura 68: Boceto de estructura laminar	141
Figura 69: Boceto de estructura laminar para pruebas de Modelado 3D	142
Figura 70: Bocetos de estructura tubular	142
Figura 71: a)Render frontal, -b) Render Posterior	145
Figura 72: Render terminado 1	146
Figura 73: a) Estructura de Puesto de Control, -b) Render Final	148
Figura 74: Render Final del Puesto de Control con sus elementos	148
Figura 75: Partes del Puesto de Control	149
Figura 76: Cuadro Proceso de manufactura	151
Figura 77: Fabricación del Puesto de control	152
Figura 78: Puesto de control en la línea de Extrusión	153
Figura 79: Puesto de control en la línea de Extrusión 2	153
Figura 80: Puesto de control con medidor de ovalamiento	154
Figura 81: Grafico de Dispersión Interfaz Final	156
Figura 82: Grafico de Dispersión de la Interfaz	156

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Cuadro de clasificación del fallo por el NPR	30
Tabla 2: Simbología para análisis de operaciones	32
Tabla 3: Dimensiones y variables de estudio del método LEST	33
Tabla 4: Sistema de valoración LEST	33
Tabla 5: Resumen de las consideraciones del Estatuto de Seguridad	34
Tabla 6: Gasto Energético por la Posición o movimiento del cuerpo	35
Tabla 7: Gasto Energético por tipo de trabajo	35
Tabla 8: Valores de las temperaturas WBGT admisibles	35
Tabla 9: Puntuaciones del Grupo A	37
Tabla 10: Puntuaciones del Grupo B	38
Tabla 11: Puntuación global para los miembros del grupo A	39
Tabla 12: Puntuación global para los miembros del grupo B	40
Tabla 13: Puntuación para la actividad muscular y las fuerzas ejercidas.	41
Tabla 14: Puntuación final RULA	41
Tabla 15: Recomendaciones RULA	42
Tabla 16: Correlaciones de la Matriz QFD	46
Tabla 17: Fichas principio accesibilidad	60
Tabla 18: Fichas principio autonomía	61
Tabla 19: Fichas principio legibilidad	62
Tabla 20: Fichas principio consistencia	63
Tabla 21: Resultados Evaluación Heurística	65
Tabla 22: Extracto método AMFE, fallo detectado en el sector 3, tanques de refrigeración.	67
Tabla 23: Extracto actividades de medición y verificación	72
Tabla 24: Tiempos para Actividades Cíclicas (Repetitivas)	76

Tabla 25: Temperaturas Extrucol	88
Tabla 26: Humedad Extrucol	89
Tabla 27: Tabla de Cálculo del índice WBGT con entradas de humedad y temperatura	91
Tablas 28: Valoración del índice WBGT en Puesto de Trabajo y en Línea de Extrusión	91
Tabla 29: Consumo Metabólico por actividad	92
Tabla 30: Grafica WBGT VS Calor Metabólico	93
Tabla 31: Acústica Extrucol	95
Tabla 32. Luminancia	97
Tabla 33: Ficha Carga Física 1	100
Tabla 34: Puntuaciones finales por actividad	102
Tabla 35: Nivel de Atención	104
Tabla36: Presión de Tiempos	105
Tabla 37: Trabajo no repetitivo	105
Tabla 38. Influencia en la producción	106
Tabla 39: Comunicación con los demás trabajadores	107
Tabla 40. Relación con el mando	108
Tabla 41: Estatus laboral	109
Tabla 42: Tiempos de Trabajo	110
Tabla 43. Zonas Críticas, Entorno Físico	110
Tabla 44: Puntos de mejora postural de actividades	112
Tabla 45: Formato Antropometría Operarios Planta Extrucol	115
Tabla 46: Calculo de la Desviación estándar para la media, trabajadores entre 170cm y 180cm de altura.	120
Tabla 47: Cálculo de la media para los Extremos	121
Tabla 48: QFD Métodos y tiempos vs Heurísticas / AMFE	124
Tabla 49: QFD Entorno físico vs Heurísticas / AMFE	124
Tabla 50. QFD Medición de Ovalamiento vs Heurísticas / AMFE	125
Tabla 51. QFD Medición diámetro vs Heurísticas / AMFE	125

Tabla 52. QFD Medición de Espesores vs Heurísticas / AMFE	126
Tabla 53. QFD Medición con calibrador vs Heurísticas / AMFE	126
Tabla 54: QFD Actualizar sistema productivo vs Heurísticas / AMFE	127
Tabla 55: QFD Actividades línea E1 vs Heurísticas / AMFE	127
Tabla 56: QFD Carga mental vs Heurísticas / AMFE	128
Tabla 57: QFD Antropometría vs Heurísticas / AMFE	128
Tabla 58: QFD Antropometría vs Heurísticas / AMFE	129
Tabla 59: Prueba de deformación estructura Laminar	143
Tabla 60: Prueba de deformación estructura tubular	144
Tabla 61: Prueba de deformación plástica de Panel de Estructura	147
Tabla 62: inventario de Piezas	150
Tabla 63: Resultados Evaluación Heurística Final	155

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Plano de Planta Extrucol S.A. en formato A0 (en cd-rom)	163
ANEXO B. Heurística (en cd-rom)	164
ANEXO C. AMFE Línea E1 (en cd-rom)	165
ANEXO D. Métodos y tiempos (en cd-rom)	166
ANEXO E. Carga Física (en cd-rom)	167
ANEXO F. Antropometría (fichas en cd-rom)	168
ANEXO G. Planos constructivos	169
ANEXO H. Heurística nuevo puesto (en cd-rom)	170
ANEXO I. Manual de uso	171
ANEXO J. Cotización puestos	172
ANEXO K. Certificado Práctica	173
ANEXO L. Planos constructivos (formato PDF en CD-rom)	174
ANEXO M. Manual de uso	176
ANEXO N. Cotización puestos	179
ANEXO O. Certificado Práctica	180

RESUMEN

TÍTULO: Estudio y rediseño del actual Puesto de Control de Calidad (PCC) usado para análisis y medición de tubería en Pe (Polietileno) producida en la línea de extrusión E1 de la Empresa EXTRUCOL, Colombiana de Extrusión S. A.*

AUTOR (ES): Rubén Mauricio Urrea Benítez**

PALABRAS CLAVE: Extrucol, Rediseño, Puesto de Control, Puesto de trabajo, Calidad, Extrusión, Métodos y tiempos, AMFE, QFD, LEST, RULA, Antropometría.

DESCRIPCIÓN:

El Documento presenta el trabajo desarrollado por el Practicante en el año de estancia en la Empresa “EXTRUCOL” S.A. Este proyecto parte de una necesidad que tiene la empresa de mejorar las condiciones del puesto control del encargado de las líneas de extrusión, pues evidencia una reducción en los espacios de trabajo debido a la futura adquisición de nuevas líneas de extrusión y tecnologías que aceleraran el proceso productivo, pero que tienen incidencia en las actividades y las condiciones de trabajo del encargado de la línea de extrusión.

Para el estudio del puesto y el conocimiento de las condiciones de trabajo se elabora una metodología que combina métodos de usabilidad, ergonómicos y productivos que permiten realizar una evaluación detallada del sistema del trabajo, que involucra la línea de extrusión E1, el puesto de control y los medios de trabajo utilizados por el encargado para el desarrollo de sus actividades. Después de una observación abierta se comienza por una evaluación heurística que define unos principios de usabilidad a cumplir y determinan el estado del actual puesto. Se realiza un estudio de fallos y efectos del área de trabajo por medio del método AMFE. Después se realiza un estudio de métodos y tiempos para determinar las actividades y el flujo de trabajo. Se usa el método LEST para realizar una evaluación global del puesto, su entorno físico y se refuerza con el método RULA el análisis de las cargas posturales. También se realiza un estudio antropométrico de los trabajadores de la planta para definir parámetros dimensionales. Con los resultados de esta metodología se definen los requerimientos que demarcan el proceso de diseño y fabricación del nuevo puesto de control, el cual es evaluado para verificar sus ventajas con relación al puesto anterior.

* Practica Empresarial

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial. Director: D.I. GERMAN ENRIQUE VARGAS LINARES. Tutor, ING. JORGE ELEÁZAR CASTELLANOS

ABSTRACT

TITLE : Study and redesign of the current Quality Control Station (QCS) used for testing and measuring Pe Pipe (Polyethylene) produced in the Extrusion line E1 in EXTRUCOL Company, Colombiana de Extrusión S. A.*

AUTHOR (S): Rubén Mauricio Urrea Benítez**

KEYWORDS: Extrucol, Redesign, Control Station, Workstation, Quality, Extrusion, FMEA, QFD, Methods-Time Measurement, LEST, RULA, Anthropometry.

DESCRIPCIÓN:

The document presents the work carried out by the practitioner in the year stay in "Extrucol " S.A. company. This project part of a need for the company to improve the conditions of the Quality Control Station extrusion lines Manager, as evidence of a reduction in working spaces due to the future acquisition of new extrusion lines and technologies to expedite the productive process, but that have an impact on the activities and working conditions of the extrusion line manager.

For the study of the station and knowledge of the working conditions a methodology is developed that combines usability methods , ergonomic and productive than allow a detailed assessment of the labor system, which involves the extrusion line E1, the control station and working resources used by the manager for the development of their activities. After an open observation begins by defining a heuristic evaluation of usability principles to meet and determine the status of the current position. A study of the effects of faults and work area through the FMEA method is performed. After a study of methods and time is performed to determine the activities and workflow. LEST method is used to make an overall assessment of the position, and their physical environment is reinforced by the analysis RULA postural loads. An anthropometric study of workers at the plant were also performed to determine dimensional parameters. With the results of this methodology the requirements are defined demarcating the process of designing and building the new control station, which is evaluated to verify its advantages as compared to the previous control station.

* Industrial Practice

** Physical-Mechanical Engineering's Faculty, Industrial Design School. Director: I.D. GERMAN ENRIQUE VARGAS LINARES. Tutor, ING. JORGE ELEÁZAR CASTELLANOS

INTRODUCCIÓN

Un puesto de control de calidad (PCC) es un puesto de trabajo usado para realizar mediciones periódicas de un producto en producción continua. Estas mediciones le permiten al encargado tener un control sobre las variables de producción, asegurando que las dimensiones del producto se mantengan dentro de las tolerancias que dicta su norma de fabricación y definen su calidad.

Extrucol S.A. Es una empresa especializada en la producción de tubería de polietileno (PE) extruida, y estudia estrategias para aumentar la velocidad de producción y la calidad de sus productos. Evidenciando esto y como parte de un proyecto de certificación en salud ocupacional para el mejoramiento de las condiciones de trabajo, la empresa ha realizado una convocatoria para el rediseño de los puestos de control, donde entra a participar el practicante de diseño industrial.

Como parte de su estrategia también se le delega al practicante tareas de mejora que involucran grandes cambios en la planta industrial y en la cultura de trabajo, por tal razón se diseña una metodología que abarque el estudio del sistema de trabajo y del proceso productivo, combinándose métodos de usabilidad con métodos de valoración ergonómica y de análisis productivo.

Esta metodología permitió que los resultados arrojados fueran un recurso en la etapa de diseño, ya que fueron usados para definir qué parámetros eran necesarios para el rediseño del puesto, culminado en la construcción de un prototipo funcional que se adapte al nuevo entorno.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

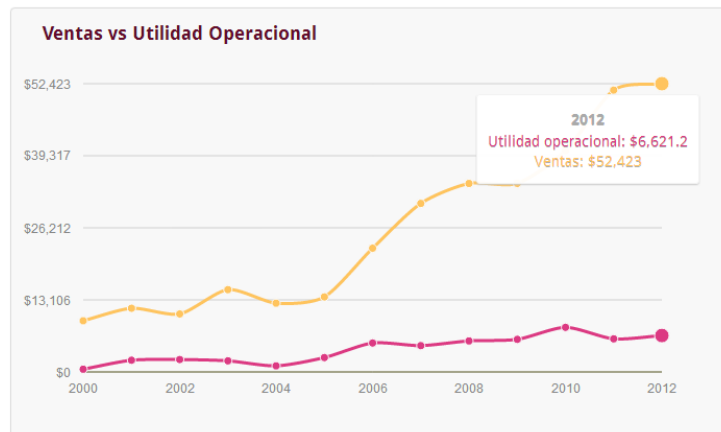
Identificar, estudiar y sintetizar qué problemas presenta el encargado de línea durante la ejecución de sus actividades en su jornada de trabajo, en su puesto designado y en su entorno, dentro de la planta industrial de Extrucol S.A. a fin de proponer el diseño de un puesto que permita mejorar sus condiciones de trabajo tanto en el entorno actual, como en un entorno de expansión a futuro como estrategia que tiene la empresa para el mejoramiento de su productividad.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Antecedentes de la empresa

- Para mantener el continuo aumento entre sus ventas y su utilidad operacional (Figura 1), Extrucol ha tenido que implementar tecnologías en sus líneas de extrusión para mejorar los tiempos de producción. Esto ha llevado a la necesidad de acelerar actividades manuales haciendo que el tiempo de respuesta de los operarios sea menor.

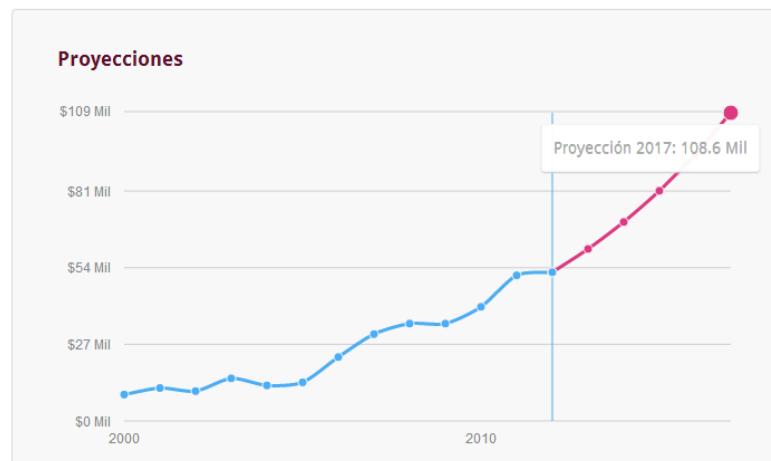
Figura 1. Ventas vs Utilidad Operacional de Extrucol S. A. al Año 2012



Fuente: <http://www.grupogia.com/fundamentales/800022371>

- Para asegurar su proyección en ventas al 2017 (Figura 2), se está preparando la adquisición de dos nuevas líneas de extrusión para tubería en PE, y una inyectora, lo que se traduce en una futura reducción de espacios de trabajo, aumento de personal, tránsito de personal y de máquinas herramientas, y la ampliación de la planta industrial.

Figura 2. Proyección de Extrucol al año 2017



Fuente: <http://www.grupogia.com/fundamentales/800022371>

- Se evidencia un alza en las frecuencias de transporte de materia prima, producto terminado y su almacenamiento debido a este continuo aumento de la producción.
- La línea de extrusión E1 es la línea más grande, es la que más consume materia prima y por lo tanto es la que más produce en masa. Al producir la tubería más grande, se generan muchos problemas en las actividades como el cambio de matrices de extrusión y la calibración de la tubería.

1.2.2. Antecedentes del Puesto

- Como se puede detallar en la figura 3, el desorden es una constante.
- Los elementos de trabajo están por todas las superficies del puesto, y es difícil definir si tienen una ubicación específica en el mismo; por lo que se realiza una clasificación previa según su forma de uso y/o aplicación (figura 4).
- Se identifican solo tres sitios para la disposición de los elementos de trabajo: Una superficie superior, una inferior y el cajón. (Figura 3)
- Hay herramientas y partes de maquinaria en el piso alrededor del puesto. Todavía se desconocen las causas que obedecen a esta disposición desordenada de elementos. (Figura 3)

Figura 3. Disposición de elementos de trabajo en el puesto

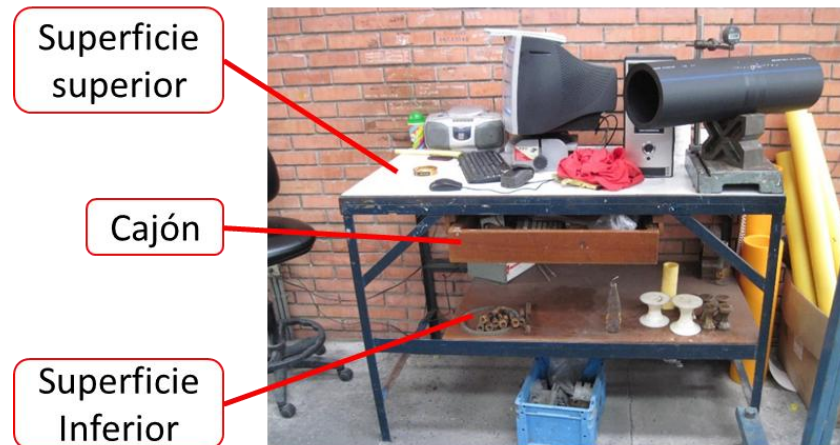
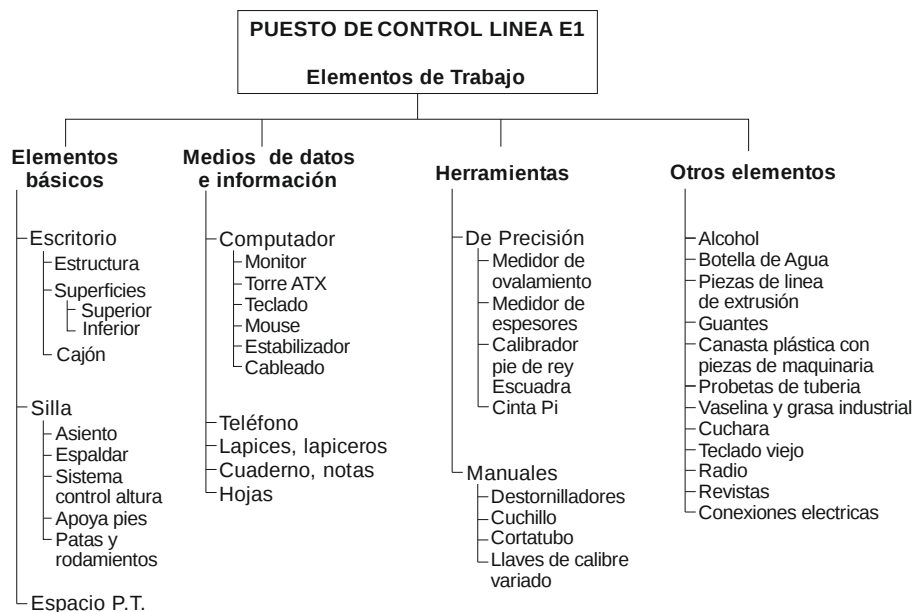


Figura 4. Elementos de trabajo según su aplicación



De acuerdo a la figura 4, la identificación de elementos de acuerdo a su uso permite deducir la siguiente hipótesis como antecedente principal:

El operario encargado maneja dos entornos de trabajo distintos. Uno para medición o pruebas (que se deduce de las herramientas de medición y manuales), y otro para tomas de datos y anotación (que se deduce de los elementos informáticos como el PC y objetos para toma de apuntes). Como antecedente

principal se evidencia que el problema radica en la no integración de estos dos entornos de trabajo en el mismo puesto; y puede estar relacionado, tanto por la configuración actual del puesto, como a la forma en que el encargado de la línea de extrusión ejecute sus actividades, tanto internas, refiriéndose al puesto, como externas, refiriéndose a la línea de extrusión.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General. Rediseñar el puesto de control de calidad usado para análisis y medición de tubería en PE, Producida en la línea de Extrusión E1 de la empresa EXTRUCOL, Colombiana de Extrusión S.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Proponer un puesto de control que contribuya al mejoramiento de las actividades realizadas sin repercusiones en la producción ni en la salud del encargado de línea.
- Reducir las operaciones que inducen a error durante la interacción del encargado de línea con el puesto de control.
- Mejorar la accesibilidad a los medios de trabajo que el encargado de línea usa en el puesto de control a fin de brindar mayor autonomía.

1.4. ALCANCE DE LA PRÁCTICA

A partir de un análisis metodológico y de observaciones de campo del puesto y las condiciones de trabajo actuales, se obtiene una propuesta de diseño de un nuevo puesto de control que mejore la calidad de trabajo del encargado de la línea de

extrusión E1, tanto en el entorno laboral actual, como a futuro, teniendo en cuenta la adquisición de nuevas tecnologías de extrusión, así como la ampliación de la planta industrial.

2. MARCO TEORICO

El análisis de puestos de trabajo tiene como objetivo reconocer las características actuales para diseñar una nueva propuesta. Este nuevo diseño en si propone un cambio que mejore las condiciones laborales, y estas pueden estar dadas por:

La forma del puesto, su superficie de trabajo, la disposición de las herramientas, la forma como el usuario organiza sus actividades (tanto fuera como dentro del puesto), el ambiente de trabajo, sus factores sicosociales, la ubicación del puesto en torno a otras dependencias, su influencia en la cadena productiva, el tiempo de las actividades, entre otros factores que solo un estudio completo puede evidenciar.

La norma técnica colombiana 5655: *Principios para el diseño de Sistemas de trabajo* establece tres entornos claves de análisis:

- El área de trabajo,

Comprende el puesto de trabajo y la zona o cadena productiva donde se encuentra e influye. Abarca el análisis de las actividades y desplazamientos que realiza el usuario por fuera y hacia el puesto de trabajo. Involucra maquinas u otras dependencias a las que tiene que acceder como parte de su trabajo normal dentro de su jornada de trabajo.

- El puesto de trabajo:

Comprende los elementos propios del puesto, su forma, estructura, asiento, superficie, grado de especialización, su espacio de trabajo, medios de trabajo manual, medios de trabajo informático, medios de trabajo especializado o de precisión, entre otros.

- Medios de Trabajo:

Comprende tanto los elementos de trabajo que se usan dentro del puesto como fuera de este. Incluso un medio de trabajo puede ser un producto o subproducto

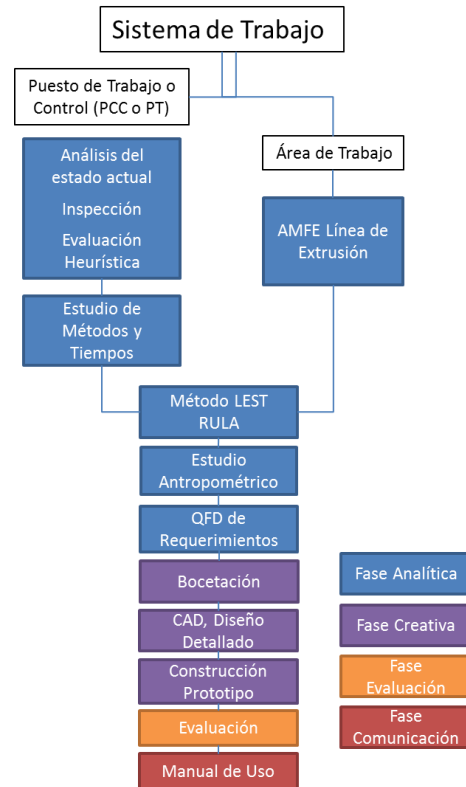
terminado que tenga que pasar por algún proceso de calidad o control y este puede a su vez depender de otros medios para su verificación o análisis.

Esta norma no impone metodologías específicas, pero recomienda al profesional del diseño establecer metodologías que permitan desarrollar el diseño del puesto dentro de su campo de estudio específico, analizando las tres áreas que conforman el sistema. Hace énfasis en el estudio del ambiente laboral, la tensión del trabajo, la presión del trabajo, la antropometría como un requisito clave en el proceso de diseño, en síntesis, ámbitos de análisis ergonómico.

Siguiendo este concepto, y partiendo del usuario, se comienza por un análisis del puesto de trabajo actual, después un análisis del área de trabajo donde este se encuentra siguiendo la brecha que los relacione, y por último, un análisis del sistema de trabajo en general.

A través de un diagrama de bloques (figura 5) se esquematizan los métodos a usar en 4 fases que son: La fase analítica, que comprende los métodos de investigación y estudio, la fase creativa, que comprende los métodos para el diseño, la fase de evaluación, como su nombre lo indica se basa en realizar un estudio sobre el nuevo diseño, y la fase de comunicación, que es un manual de uso para el usuario final.

Figura 5: Metodología Proyectual



2.1. ANALISIS DE ESTADO ACTUAL

El análisis del estado actual es una inspección primaria de tipo descriptivo, donde se describe el puesto de trabajo actual con todos sus componentes y sus medios de trabajo. También se describe el área de trabajo donde se encuentra y la situación actual del puesto en la planta industrial.

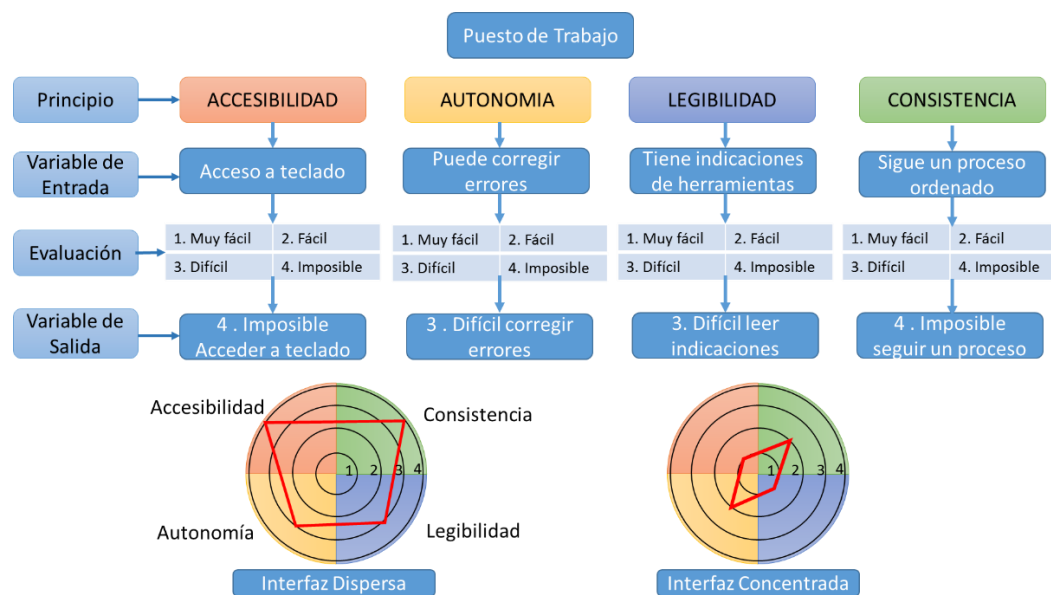
2.2. EVALUACIÓN HEURÍSTICA

El primer paso para la elaboración de un estudio de usabilidad es la generación de un modelo que permita entender como el objeto de estudio, en este caso el puesto de trabajo, debe ser comprendido a través de un grupo de variables que llamaremos de entrada, y que nos proporcionan información de las condiciones en

que se encuentran, una vez pasen por varios niveles y según el contexto de la variable, obtener el dato de salida.

En esta, un grupo de personas conocedores de la materia y de las variables de entrada escudriñan la interfaz y evalúan cada uno de sus elementos ante una lista de principios, heurísticas comúnmente aceptadas como correctas que se resumen en la figura 6 con un ejemplo de la aplicación del método.

Figura 6. Ejemplo de evaluación heurística de interfaces



Fuente: Grafico adaptación de la tesis: *Propuesta metodológica para la valoración de la usabilidad del puesto de trabajo del personal administrativo*, Ruiz Ortiz, Manuel Ricardo (2012) Universidad Nacional de Colombia - <http://www.bdigital.unal.edu.co/11097/#sthash.51A2a58R.dpuf>

El resultado de este método es un gráfico radial que da como resultado el estado de la interfaz. Si esta es dispersa, significa que el puesto no cumple las variables de entrada, por lo tanto la interfaz entre este y el usuario es deficiente. Si esta es concentrada, significa que la mayoría de las variables se cumplen y la interfaz entre puesto y usuario es eficiente.

2.3. AMFE

Así como se propone la evaluación heurística para medir la interfaz del puesto, el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es idóneo para el evaluar del estado actual del área de trabajo donde el encargado se desempeña; el fundamento es lógico: si la empresa busca expandirse, tiene que atacar los puntos de fallo más recurrentes, y de esta forma preparar el área para un nuevo puesto. Con este método se busca conocer el proceso de extrusión y encontrar fallos de seguridad en el área de trabajo y sus posibles acciones correctoras.

Para la aplicación del método, cada fallo encontrado será evaluado según el NPR (Numero de Prioridad de Riesgo), que es el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (S), y la probabilidad de no detección (D). El NPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. (Tabla 1)

Tabla 1: Cuadro de clasificación del fallo por el NPR

Criterios de clasificación según Ocurrencia (O)	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas	2 - 3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4 - 5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	6 - 7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente.	8 - 9
Muy elevada probabilidad de fallo. El fallo es seguro que ocurra o es permanente.	10
Criterios de clasificación según Gravedad (S)	Valor de S
Ínfima: El defecto seria imperceptible	1
Escasa: Se puede notar un fallo menor	2 - 3
Baja: El fallo no pasa imperceptible	4 - 5
Moderado: El fallo genera consecuencias bajas	6 - 7
Elevada: El fallo es critico	8 - 9
Muy elevado: El fallo implica serios problemas técnicos y/o de seguridad de no conformidad con los reglamentos de vigor.	10

Criterios de clasificación según Ocurrencia (O)	Valor de O
Criterios de clasificación según probabilidad de no Detección	Valor de D
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado.	2 - 3
Moderada. El defecto es una característica de análisis básico.	4 - 5
Frecuente. Defecto frecuente de difícil detección.	6 - 7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo.	8 - 9
Muy elevada. El defecto llega a ser casi imposible de detectar.	10

Fuente: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Bizkaiko Foru Aldundia. Departamento de Promoción Económica. Edit. LIBRERÍA HOR DAGO

2.4. METODOS Y TIEMPOS

La ingeniería de métodos utiliza técnicas para el análisis de operaciones, una de ellas es dividir una tarea en simples elementos de trabajo, y estudia cada movimiento para ordenarlo o eliminar los que no sean necesarios, buscando una mejor combinación y secuencia de movimientos, y logrando métodos más sencillos y eficientes. Para el analista de métodos resulta muy importante apoyarse en todas aquellas técnicas gráficas que le permitan dar una idea de la ubicación de los puestos y de la secuencia de las operaciones que se realizan en los procesos objeto de estudio. A partir de este estudio se identifica

- Los registros de calidad o control de la producción.
- Determinar los ciclos de las actividades por medio de diagramas de flujo.
- El orden de las actividades.
- Su espacio de trabajo y su desplazamiento.

Una de las técnicas más usadas para la evaluación de métodos es el uso de un sistema de símbolos para representar una o un conjunto de actividades que

realiza el encargado. La tabla 2 describe los símbolos representativos más básicos.

Tabla 2: Simbología para análisis de operaciones

Operación		Produce, completa, realiza algo.
Transporte		Mueve, transporta, desplaza.
Inspección		Verifica, comprueba algo.
Almacenamiento		Guarda, protege algo.
Demora		Retrasa, Interfiere un proceso.
Operación - inspección		Combinación
Operación - interrupción		Combinación

Fuente: ASME (Asociación Americana de Ingeniería Mecánica)

2.5. LEST / RULA

Como un método que evalúa las condiciones de trabajo tanto en su vertiente física como psicológica, el método LEST contempla una gran cantidad de variables que influyen sobre la calidad ergonómica del puesto de trabajo. Considera cada aspecto del puesto de trabajo y del encargado de forma general, pero no profundiza en cada uno de las variables que analiza, por lo tanto se refuerzan aquellas dimensiones en las que se considere, sea necesario un mayor grado de análisis por medio de otros métodos o normativas vigentes. La Tabla 3 muestra las dimensiones y variables consideradas y cuáles serán reforzadas.

Tabla 3: Dimensiones y variables de estudio del método LEST

ENTORNO FÍSICO (Reforzado por resolución 2400)	CARGA FÍSICA (Reforzado por el método RULA)	CARGA MENTAL	ASPECTOS PSICOSOCIALES	TIEMPOS DE TRABAJO
Ambiente térmico	Carga estática	Apremio de tiempo	Iniciativa	Jornada de trabajo
Ruido		Complejidad	Estatus social	
Iluminación	Carga dinámica	Atención	Comunicaciones	
Distancias			Relación con el mando (Jefe)	

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php>, adaptación por el autor.

La evaluación se basa en las puntuaciones obtenidas en las variables evaluadas. El método permite obtener una puntuación para cada variable estudiada entre 0 y 10, según la tabla 4.

Tabla 4: Sistema de valoración LEST

0,1,2	Situación Satisfactoria.
3,4,5	Débiles molestias. Conviene mejoras.
6,7	Molestias medias. Riesgo de fatiga.
8,9	Molestias Fuertes. Fatiga.
10	Nocividad.

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php>

En las dimensiones donde se necesita un mayor análisis los resultados obtenidos pueden ser comparados con parámetros que dicta la norma a aplicarse; como en el caso del entorno físico, se considera necesario reforzar el estudio debido a que en visitas previas a la planta industrial se presintió un nivel de calor y ruido muy elevados, por esto se hace recurso de la resolución 2400 del Ministerio de Trabajo que establece sus consideraciones como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5: Resumen de las consideraciones del Estatuto de Seguridad

Consideraciones de trabajo Ambiente Termico (Art. 64, paragrafo 1)	
Calculo Indice WBGT	
Consumo metabolico	
Indumentaria de Trabajo	
Distancias mínimas (Art. 12: Parágrafos 1,2. y Art. 13)	
Anchura minima Pasillos interiores de Trabajo	1.20 m
Anchura minima entre maquinas, aparatos, Equipos.	0.80 m
Anchura minima entre maquinas, aparatos con partes moviles, radiacion de energia termica.	1.50 m
Altura MInima techo para Transito y Puestos de trabajo Industriales	1.80 m
Niveles permisibles de Ruido en zonas industriales (Art. 88, Art. 90, Art. 92: Parágrafo 1)	
Ruidos de carácter continuo en lugares de trabajo	85 Db
Oficinas y lugares de Trabajo con actividad intelectual	70 Db
Si el ruido supera limites admisibles	Usar Portecccion auditiva certificada
Identificacion de Puntos de Ruido	
Niveles mínimos de intensidad de Iluminacion (Art. 83)	
Para trabajos que necesiten diferenciación de detalles extremadamente finos, con muy poco contraste y durante largos períodos de tiempo	1.000 a 2.000 lux.
Para diferenciación de detalles finos, con un grado regular de contraste y largos períodos de tiempo.	de 500 a 1.000 lux
Cuando se necesita diferenciación no moderada de detalles	de 300 a 500 lux.
Para trabajos con poca diferenciación de detalles	de 150 a 250 lux
Para trabajos ocasionales que no requieren observación detallada	de 100 a 200 lux.

Fuente: Resolución Número 02400 de 1979 (Mayo 22) Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, vigente en la actualidad.

Como para el ambiente térmico la norma no especifica qué índices son los recomendados, fue necesario reforzar el estudio con las tablas 6 y 7, para determinar el gasto energético, y con la tabla 8, para determinar los valores WBGT recomendados.

Tabla 6: Gasto Energético por la Posición o movimiento del cuerpo

Posición y movimientos del cuerpo	Kcal/minuto
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando en terreno llano	2.0 - 3.0
Andando en terreno inclinado	Añadir a terreno llano 0.8 por metro de desnivel

Fuente: Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico

Tabla 7: Gasto Energético por tipo de trabajo

Tipo de trabajo	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)
Trabajo manual ligero	0.4	0.2 - 1.2
Trabajo manual pesado	0.9	
Trabajo ligero con un brazo	1.0	0.7 - 2.5
Trabajo pesado con un brazo	1.7	
Trabajo ligero con ambos brazos	1.5	1.0 - 3.5
Trabajo pesado con ambos brazos	2.5	
Trabajo ligero con el cuerpo	3.5	2.5 - 15
Trabajo moderado con el cuerpo	5.0	
Trabajo pesado con el cuerpo	7.0	
Trabajo muy pesado con el cuerpo	9.0	

Tabla 8: Valores de las temperaturas WBGT admisibles

REGIMEN DE TRABAJO- DESCANSO	CARGA DE TRABAJO Kcal/hr		
	LIGERO 200 Kcal/hora o menos	MODERADO 200 Kcal/hora - 300 Kcal/hora	PESADO Más de 300 kcal/hora
Trabajo continuo	30.0 °C	26.7 °C	25.0 °C
75% trabajo - 25% descanso (cada hora)	30.6 °C	28.0 °C	25.9 °C
50% trabajo - 50% descanso (cada hora)	31.4 °C	29.4 °C	27.9 °C
25% trabajo - 75% descanso (cada hora)	32.2 °C	31.1 °C	30.0 °C

Fuente: Tablas 7 - 8: Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico

El análisis de la carga física se refuerza con el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), ya que en el puesto de trabajo se observaron herramientas de precisión indicando que el encargado de la línea de extrusión realiza tareas especializadas. Este método puede ofrecer un estudio más específico de las

posturas y de esta forma poder detectar los puntos críticos que servirán como parámetro a mejorar en el proceso de diseño. A continuación se procede a explicar el método en detalle para un mejor entendimiento en su etapa de ejecución.

El método divide el cuerpo en dos grupos, el grupo A (tabla 9, numerales 1, 2, 3), que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas) y el grupo B (tabla 10, numerales 1, 2, 3), que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante las tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, muñecas, brazos, tronco...) para, en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B.

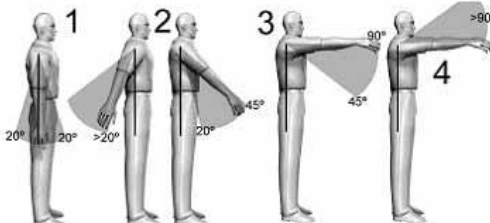
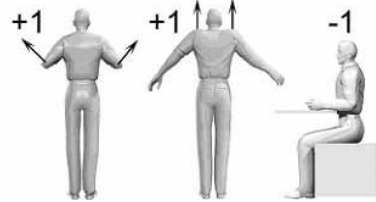
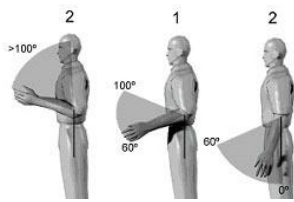
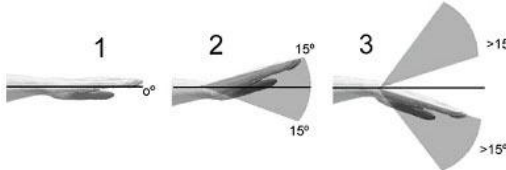
La clave para la asignación de puntuaciones a los miembros es, por medio de la observación detallada a través de medios visuales como videos y fotografías, los movimientos y ángulos que toma las diferentes partes del cuerpo cuando el encargado realiza una tarea.

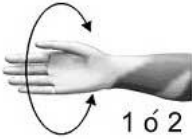
Posteriormente, las puntuaciones globales de los grupos A y B son modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada, así como de la fuerza aplicada durante la realización de la tarea, siendo estas modificaciones, para el grupo A, los numerales 1.1, 2.1, 3.1 de la tabla 9, para el grupo B, los numerales 1.1 y 2.1 de la tabla 10.

El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas.

El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 1, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4, que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad (Tabla 15).

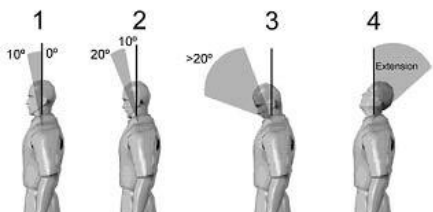
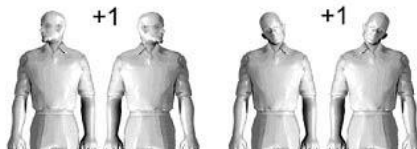
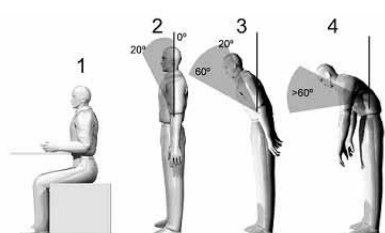
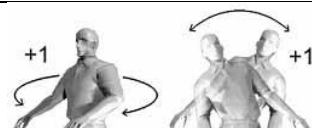
Tabla 9: Puntuaciones del Grupo A

1) Puntuación del brazo		
	Puntos	Posición
	1	desde 20° de extensión a 20° de flexión
	2	extensión >20° o flexión entre 20° y 45°
	3	flexión entre 45° y 90°
	4	flexión >90°
1.1) Posiciones que modifican la puntuación del brazo		
	Puntos	Posición
	+1	Si el hombro está elevado o el brazo rotado.
	+1	Si los brazos están abducidos.
	-1	Si el brazo tiene un punto de apoyo.
2) Puntuación del Antebrazo		
	Puntos	Posición
	1	flexión entre 60° y 100°
	2	flexión < 60° ó > 100°
2.1) Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo		
	Puntos	Posición
	+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
	+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo.
3) Puntuación de la muñeca		
	Puntos	Posición
	1	Si está en posición neutra respecto a flexión.
	2	Si está flexionada o extendida entre 0° y 15°.
	3	Para flexión o extensión mayor de 15°.
3.1) Posiciones que modifican la puntuación de la muñeca		
	Puntos	Posición

	+1	Si está desviada radial o cubitalmente.
3.2) Puntuación independiente para la valoración final: Giro de la muñeca		
	Puntos	Posición
	1	Si existe pronación o supinación en rango medio
	2	Si existe pronación o supinación en rango extremo

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Tabla 10: Puntuaciones del Grupo B

1) Puntuación del cuello		
	Puntos	Posición
	1	Si existe flexión entre 0° y 10°
	2	Si está flexionado entre 10° y 20°.
	3	Para flexión mayor de 20°.
	4	Si está extendido.
1.1) Posiciones que modifican la puntuación del cuello		
	Puntos	Posición
	+1	Si el cuello está rotado.
	+1	Si hay inclinación lateral.
2) Puntuación del Tronco		
	Puntos	Posición
	1	Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90°
	2	Si está flexionado entre 0° y 20°
	3	Si está flexionado entre 20° y 60°.
	4	Si está flexionado más de 60°.
2.1) Posiciones que modifican la puntuación del Tronco		
	Puntos	Posición
	+1	Si hay torsión de tronco.

		+1	Si hay inclinación lateral del tronco.
3) Puntuación de las piernas			
	1	Puntos	Posición
	1	1	Sentado, con pies y piernas bien apoyados
	1	1	De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición
	2	2	Si los pies no están apoyados, o si el peso no está simétricamente distribuido

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Tras la obtención de las puntuaciones de los miembros del grupo A y del grupo B de forma individual, se procederá a la asignación de una puntuación global a ambos grupos por medio de la tabla 11, para el grupo A, y la tabla 12, para el grupo B.

Tabla 11: Puntuación global para los miembros del grupo A

Brazo	Antebrazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5

Brazo	Antebrazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Tabla 12: Puntuación global para los miembros del grupo B

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Estas puntuaciones se verán modificadas en función de la actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea. Para considerar esta fuerzas y la carga aplicada se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente según la tabla 13.

Tabla 13: Puntuación para la actividad muscular y las fuerzas ejercidas.

Puntos	Valor
0	si la carga o fuerza es menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente.
1	si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y se levanta intermitente.
2	si la carga o fuerza está entre 2 y 10 Kg. y es estática o repetitiva.
2	si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 Kg.
3	si la carga o fuerza es superior a los 10 Kg., y es estática o repetitiva.
3	si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas.

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

La puntuación obtenida de sumar al resultado del grupo A la actividad muscular y las fuerzas aplicadas pasará a denominarse puntuación C. De la misma manera, la puntuación obtenida de sumar al resultado del grupo B la actividad muscular y las fuerzas aplicadas se denominará puntuación D. La figura 7 explica mejor el proceso por medio de un diagrama de bloques. A partir de las puntuaciones C y D se obtendrá una puntuación final global para la tarea que oscilará entre 1 y 8, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo de lesión. La puntuación final se extraerá de la tabla 14.

Tabla 14: Puntuación final RULA

	Puntuación D						
Puntuación C	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Figura 7: Flujo de obtención de puntuación del método RULA



Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>. Adaptado por el autor.

La magnitud de la puntuación postural, así como las puntuaciones de fuerza y actividad muscular, indicarán al evaluador los aspectos donde pueden encontrarse los problemas ergonómicos del puesto, y por tanto, realizar las convenientes recomendaciones de mejora de éste.

Tabla 15: Recomendaciones RULA

Nivel	Actuación
1	Cuando la puntuación final es 1 ó 2 la postura es aceptable.
2	Cuando la puntuación final es 3 ó 4 pueden requerirse cambios en la tarea.
3	La puntuación final es 5 ó 6. Se requiere el rediseño de la tarea
4	La puntuación final es 7. Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea.

Fuente: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

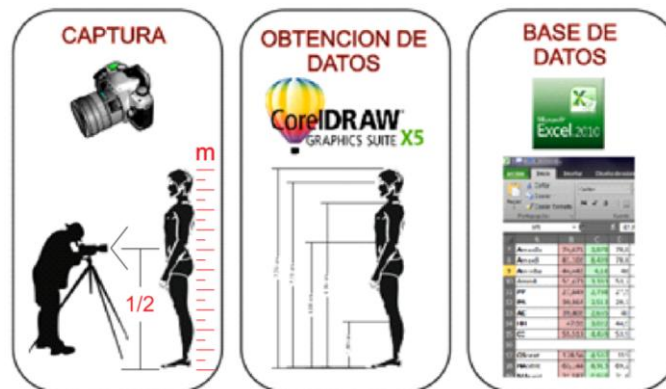
2.6. ANTROPOMETRIA

Para el desarrollo del estudio se plantea un procedimiento que permita la toma de datos sin que este sea invasivo para el operario.

La fotogrametría, es un sistema digital que permite realizar capturas antropométricas del cuerpo humano mediante la medición de coordenadas captadas por cámaras fotográficas. La figura 8 explica de manera ilustrativa el proceso de estudio por medio de tres fases:

- Captura: Para este proceso es necesario ubicar el usuario en una pared parametrizada, un ejemplo podría ser una pared impresa con medidas de longitud definidas, o en su defecto una pared de ladrillos. De no ser posible una toma con fondo parametrizado, es necesario conocer una medida del usuario, como su estatura y tomar dos fotos como mínimo, una de frente y otra de perfil, ubicando la cámara a 3 metros de distancia y aproximadamente a la altura del ombligo del usuario, con esto se reduce el efecto de perspectiva.
- Obtención de datos: Por medio de un software grafico se toma la foto de perfil y se escala a la altura real del usuario, seguido se hace lo mismo con la foto de frente, como esta tiene una deformación más marcada por el ángulo de perspectiva es necesario tomar una medida de la foto de perfil ya escalada, como la altura del brazo o la cabeza y escalar la foto de frente a esta medida, de esta forma se puede obtener las medidas del ancho de hombros, codos, cadera y rodillas entre otras.
- Base de datos: Siguiendo el procedimiento se realiza una base de datos con las medidas necesarias para deducir la media y la desviación estándar de cada medición tomada y ser usados en el proceso de diseño.

Figura 8: Antropometría por Fotogrametría



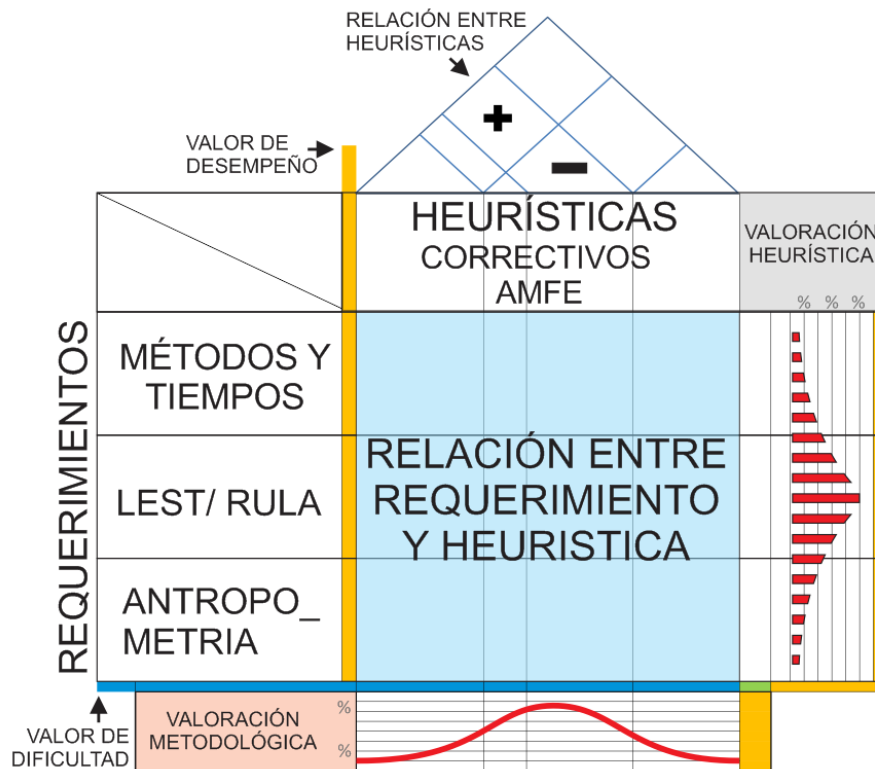
Fuente: Procedimiento para toma de datos antropométricos obtenidos por Fotogrametría aplicado por la escuela de Diseño Industrial de la Universidad de Chile según proyecto de investigación MCODA (Mass Customization On Demand Apparel. Adaptado por el Autor.

2.7. QFD

A fin de abarcar todos los requerimientos obtenidos y direccionar el proceso de diseño, se usa el QFD (Despliegue de la función calidad), y sus ventajas como una matriz de relaciones para determinar el punto de partida, de la fase analítica, a la fase creativa.

El QFD permite dar una definición clara al desarrollo del diseño produciendo un punto de enfoque rápido y guía al diseñador en sus fases siguientes. Por lo tanto, el QFD no se usara siguiendo el tradicional método de marketing que se basa en las necesidades del cliente para desarrollar una nueva estrategia de ventas. Será usado enfocándose en los requerimientos producto del análisis de la metodología aplicada y de los principios heurísticos que se establezcan, donde es evidente la participación del encargado de la línea de extrusión en todo proceso metodológico propuesto.

Figura 9: Partes de un QFD de requerimientos



Fuente: http://www.qfdlat.com/Herramientas_QFD/herramientas_qfd.html#MRel
Adaptado por el Autor

Teniendo como base la figura 9 se explican las partes del diagrama:

- **Requerimientos:** Que vendrían siendo el qué quiere o necesita el usuario, o más bien, que requiere el encargado que tenga y no tenga el puesto según el estudio realizado.
- **Heurísticas:** Como su nombre los indica, son variables metodológicas positivas o negativas que sugieren o establecen cómo proceder y qué problemas evitar a la hora de generar soluciones. Parten de los principios heurísticos establecidos (accesibilidad, autonomía legibilidad, consistencia). Esta sección también incluye los correctivos de los fallos del área de trabajo (AMFE) para identificar su influencia con los requerimientos propios del puesto.

- Relación entre requerimiento y heurística: En sí es la matriz donde se establece el grado de afinidad (Ga) que existe entre una variable y un requerimiento. Se clasifica según la escala numérica de la tabla 16.

Tabla 16: Correlaciones de la Matriz QFD

Correlación	Valor (Ga)	Descripción
Fuerte Correlación	9	Este valor se da si existe una afinidad o influencia fuerte entre el requerimiento y la variable
Existe Correlación	3	Este valor se da si existe una afinidad media entre el requerimiento y la variable
Posible Correlación	0	Este valor se da si la afinidad es débil entre el requerimiento y la variable

Fuente: http://www.qfdlat.com/Herramientas_QFD/herramientas_qfd.html, adaptado por el Autor

- Relación entre Heurísticas: Entre las mismas variables que se establecen pueden haber relaciones en mayor (+) o menor (-) medida. Esta relación no tiene una valoración numérica, pero se tiene en cuenta al establecer su grado de afinidad en la matriz.
- Para cada requerimiento se establece un *valor de desempeño (Vd)* y para cada variable un valor que determina *el nivel de dificultad (Nd)*. Estos valores se representan con una escala numérica que va de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 el más alto.
- Valoración Heurística: Se determina calculado la importancia absoluta y la importancia relativa del requerimiento con respecto al valor de desempeño.

$$\text{Importancia absoluta de cada requerimiento} = \sum (Vd \times Ga)$$

$$\text{Importancia relativa (\%)} = \frac{\text{Importancia absoluta de cada requerimiento}}{\text{Importancia absoluta de todos los requerimientos}}$$

- Valoración Metodológica: Se determina calculado la importancia absoluta y la importancia relativa de la variable con respecto a su nivel de dificultad.

$$\text{Importancia absoluta de cada variable} = \sum (Nd \times Ga)$$

$$\text{Importancia relativa (\%)} = \frac{\text{Importancia absoluta de cada variable}}{\text{Importancia absoluta de todas las variables}}$$

Por medio de los porcentajes dados por la importancia relativa, puede ser visible la importancia de cada variable y requerimiento por medio de un gráfico, ya sea de barras o lineal, y permite establecer aquellos requerimientos que serán parámetros en el proceso de diseño.

En conjunto con el jefe encargado y el director de proyecto se establecerán cuáles serán los alcances de los mismos, es decir, hasta qué punto se puede llegar y que recursos pueden ser necesarios a la hora de diseñar el puesto y establecer una mejor relación de este con el área de trabajo. Estas decisiones se deben tomar ya que se puede incurrir en modificaciones del sistema de trabajo que pueden modificar toda la planta industrial y los espacios de trabajo tanto en el puesto de control como en el área de trabajo a fin de que el nuevo diseño pueda ser adaptable a un nuevo entorno.

2.8. BOCETACION

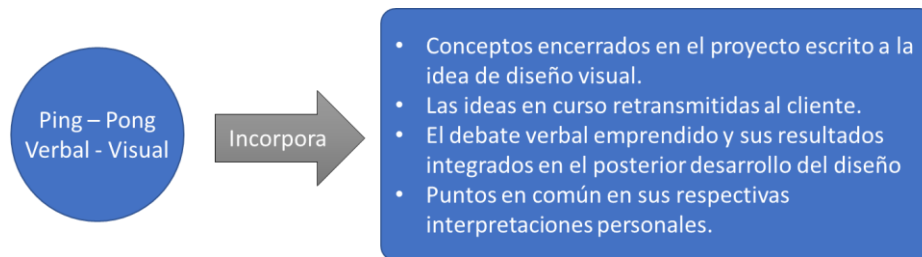
Este es el punto de clave entre la fase analítica a la creativa. Los requerimientos seleccionados pasan a ser parámetros, y es necesario establecer estrategias de diseño que puedan permitir el desarrollo de los mismos a un nivel visual y apreciativo.

Aprovechando las propiedades del dibujo como un lenguaje universal, la bocetación comienza con una técnica llamada “diseño hablado”. Es, una interacción social con el encargado de la línea de extrusión donde la comunicación

verbal pasa a ser visual, entiéndase como un “ping pong” verbal – visual (figura 11) donde el diseñador ya posee conocimientos necesarios de sus actividades, su ritmo de trabajo, y en sí, del sistema de trabajo en su totalidad, y puede hablar en el mismo lenguaje técnico necesario para un mejor entendimiento captando puntos en común.

*“El diseño debe ser considerado como un proceso de negociación y no puramente un acto de genialidad que margina la crítica verbal”.*¹

Figura 10: El ping – pong del diseño hablado



Fuente: Diseño Hablado, Gabriela Belmont Valderrama, más información en <http://www.slideshare.net/BiiChuzBelmoontdeCuevaas/disenio-hablado#>

De la creación del avatar producto del estudio antropométrico y de la categorización de los requerimientos de diseño, se realizaran alternativas graficas a escala real donde entran en juego todos los elementos de estudio.

2.9. CAD

Una vez aprobada la, o las alternativas, se procede a realizar un diseño detallado de las mismas por medio de un software de modelado 3D, donde se detalla su estructura y las propiedades de sus materiales y elementos de unión, a fin de realizar pruebas de simulación de elementos finitos bajo índices de fuerza que se

¹ “Design should be seen as a process of negotiation and not purely an act of geniality marginalizing verbal criticism”. Growth by Design: A Model for Design-Led Businesses?, Anne Tomes and Peter Armstrong, traducido por Gabriela Belmont Valderrama en su presentación Diseño Hablado.

establecen según requerimientos de las actividades y objetos que se manipulan en el mismo.

De las simulaciones realizadas se establecerán puntos de mejora, arreglos correctivos, e integración de elementos, rediseños que deben ser debatidos según consideraciones del grupo de diseño y de la empresa para poder aprobar la construcción del prototipo.

2.10. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

Se certifica la aprobación del prototipo por medio de una presentación a la empresa donde se establecerá las partes que conforman el mismo, la lista de materiales en bruto, el proceso de fabricación, su ubicación aérea en la planta industrial y los planos constructivos.

2.11. EVALUACION

Una vez construido el prototipo se procede a realizar una evaluación heurística para analizar el estado de la interfaz con respecto a las actividades que realiza el encargado de línea. Se aplicaran los mismos principios heurísticos y se realiza una comparación de los nuevos resultados con los resultados del puesto antiguo. De esta forma se verifica si el puesto cumple o no las necesidades del encargado de línea y de la empresa.

2.12. MANUAL DE USO

Es un manual de consideraciones a tener con el nuevo puesto, exclusivo para el encargado de línea, que le indica formas y posturas correctas para realizar sus actividades, la forma de ubicar y acceder a sus medios de trabajo y acceder al mismo puesto.

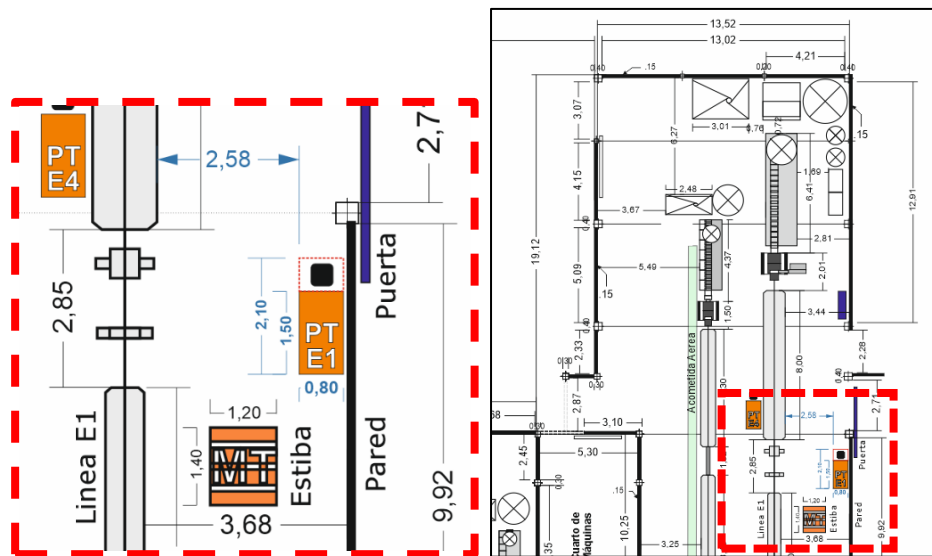
3. FASE ANALITICA

3.1. EL SISTEMA DE TRABAJO

Lo conforman el puesto de trabajo o de control, los medios de trabajo que usa el encargado y el área de trabajo, que es la línea de Extrusión. La figura 11 muestra la situación actual del puesto con relación a la línea de extrusión.

Teniendo en cuenta la figura 11, se hace un acercamiento de la zona donde se encuentra ubicado el PT E1 (Puesto de trabajo Línea de Extrusión E1), junto a una pared y a 2.5 metros de la línea de extrusión E1. Para apreciar las dimensiones del puesto se usa una estiba como referencia. Más adelante se hablara de la línea de extrusión y de los sectores de la misma.

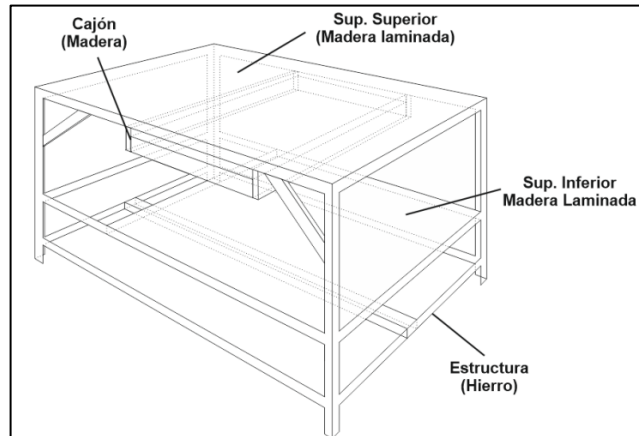
Figura 11. Situación actual del Puesto en Planta Industrial



Fuente: Extracto del Plano: "Planta General Extrucol". Elaborado por el autor. Para más detalles referirse al plano anexo A)

3.1.1. El Puesto de Control. Por medio de la figura 12 se describen las partes que conforman el puesto, siendo estas:

Figura 12: Partes del Puesto



Fuente: Grafico elaborado por el Autor

- Superficie superior: Lámina de MDF con chapilla blanca que se apoya sobre el marco superior de la Estructura.
- Superficie inferior: Lamina de MDF con chapilla café que se apoya sobre el marco inferior de la Estructura.
- Cajón: Construcción básica en madera, cara base y laterales soportado por una guías también de madera, atornilladas a la superficie superior.
- Estructura: Hecha en perfilaría de Hierro Cold Rolled Tipo L. soldado y pintado de color azul.

3.1.2. Los medios de trabajo. Se describen los medios de Trabajo encontrados en el Puesto.

- Medios para toma Datos e Información

Figura 13: a) Computador – b) estabilizador – c) Teléfono



Compuesto por: Monitor, torre ATX, teclado, mouse (figura 13a) estabilizador, y el cableado para la conexión de sus periféricos (Figura 13b). El encargado de línea lo usa para pasar los reportes de producción y medición al sistema.

Como se muestra en la figura 13c, la ubicación del teléfono está al lado contrario de la silla. Se usa para la recepción y emisión de llamadas al jefe de producción o del director de operaciones.

La figura 14 muestra elementos como lápices, lapiceros, cuadernos, tabla de anotaciones, escuadra, marcadores, corrector, bisturí, etc..., y demás elementos de oficina básicos para el desarrollo de actividades que requieran dibujo y escritura.

Figura 14: Elementos Básicos de Oficina



- Medios de medición (Herramientas de Medición)

Figura 15: a) Medidor de Ovalamiento –b) Micrómetro



La figura 15a: Consta de un reloj comparador de cuadrante, que es un instrumento de medición que se utiliza para medir el grado de ovalamiento que tiene el tubo cuando se soporta y se gira en el yunque calibrado en forma de X.

Figura 15b: Instrumento para medir piezas pequeñas con gran precisión (micras). El encargado de línea lo utiliza para medir el grosor de la tubería en varios puntos del diámetro.

Figura 16: a) Cinta Pi – b) Calibrador



Figura 16a: Cinta métrica para medición de circunferencias con traducción directa del diámetro. Dispone de nonius con el que se obtiene una precisión de 0,1 mm. El encargado de línea la usa para medir el perímetro con respecto al diámetro.

Figura 16b: Utilizado para medir dimensiones de diámetro de tubería pequeña. Tiene dos escalas de medición. La escala en pulgadas tiene divisiones

equivalentes a 1/16 de pulgada, y, en su nonio, de 1/128 de pulgada. La escala métrica tiene divisiones en milímetros y en su nonio en decimas de milímetro.

- Herramientas Manuales:

Figura 17: a) cuchillo – b) Destornillador – c) Tornillos y cuchara



Se identifican herramientas manuales como destornilladores (figura 17b) con diferentes tipos de tornillos. Un cuchillo muy afilado y escondido en la parte inferior de la superficie superior (Figura 17a), que según dice el encargado de línea se usa para cortar el tubo derretido. También se encuentra una cuchara con restos de polietileno (figura 17c) que, según el encargado, sirve para retirar rebabas del plástico derretido del cabezal de extrusión. Estos últimos elementos se consideran como herramientas manuales ya que cumplen una función.

- Otros Elementos

Figura 18 : a) Alcohol – b) Accesorios de la línea



Se identifican otros elementos como Alcohol (figura 18a), accesorios de la línea de extrusión (figura 18b), que según identifica el encargado, han estado en el puesto por largos periodos de tiempo sin uso aparente.

- Muestras de Tubería

Figura 19: Probetas de tubería



La Tubería medida es almacenada en una caneca o caja (figura 19), ubicada al lado del Puesto.

- El Asiento

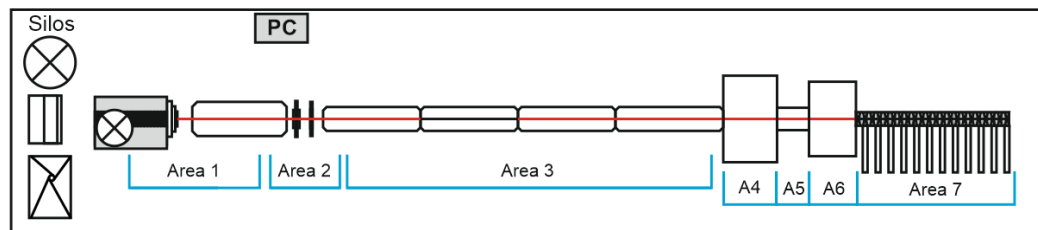
Figura 20: a) Vista Lateral Asiento - b) Vista Frontal Asiento



(Figura 20) El asiento es alto, con apoyapiés circular, de rodachinas. Permite graduación de altura a través de un cilindro a presión. El tapizado es en cuerina gruesa con espuma acolchada tanto en el espaldar como sus asentaderas. El espaldar permite aflojar o endurecer su inclinación si se apoya la espalda. El asiento permite un giro de 360° y una leve inclinación no graduable de las asentaderas si el encargado se recuesta hacia atrás. De reciente adquisición por la empresa.

3.1.3. El Área de Trabajo: La línea de Extrusión E1

Figura 21: Área de Trabajo del Encargado de Línea de Extrusión E1



Además del puesto de control, las actividades del encargado de línea se extienden a toda la línea de extrusión, por medio de la figura 21 se describen las áreas de la línea, que comprende:

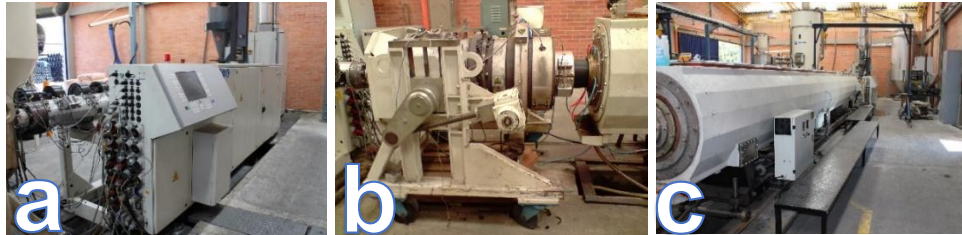
- Silos: Compuesta por tanques donde se almacena y lava la materia prima (figura 22a) y la tolva (figura 22b).

Figura 22: a) Zona de Silos – b) Tolva, detalle de Materia Prima (PELLETS)



- Área 1: Compuesta por la extrusora (figura 23a), cabezal de extrusión (figura 23b), y el tanque de vacío (figura 23c).

Figura 23: a) Extrusora – b) Cabezal de Extrusión – c) Tanque de Vacío



- Área 2: Compuesta por el ultrasonido y corrector de ovalamiento (Figura 24a)
- Área 3: Comprende los tanques de refrigeración (Figura 24b).
- Área 4: Comprende el halador u oruga (figura 24c), una máquina compuesta de unas prensas giratorias que “halan” el tubo a velocidad constante.

Figura 24: a) Ultrasonido y Corrector de Ovalamiento, -b) Tanques de Refrigeración, -c) Halador



- Área 5: Donde se encuentra el marcador (figura 25a), máquina que marca o etiqueta la tubería extruida.

- Área 6: La cortadora (figura 25b), una máquina que corta el tubo en secciones de longitud definidas. No corta longitudes menores a 1 metro.
- Área 7: El Botador (figura 25c), final de la línea de extrusión, el tubo espera a ser llevado al patio de almacenamiento por un carro transportador.

Figura 25: a) Marcador, -b) Cortadora, -c) Botador



3.1.4. Consideraciones. Durante el primer análisis del puesto de trabajo o control se identifican algunos aspectos, mientras que otros generan dudas que necesitan ser respondidas:

- El desorden es una constante en todo el puesto.
- No está definido la colocación o ubicación de herramientas y otros elementos.
- El estado actual de las superficies de trabajo es deficiente
- El puesto no está pensado para las tareas que realiza el encargo ni para los elementos que contiene.
- Se identifica basuras o elementos que llevan años en el puesto sin algún uso aparente.

- El desorden hace que el encargado improvise en sus actividades, en la búsqueda de elementos o herramientas que necesita.
- El puesto está ubicado pegado a una pared, limitando los movimientos que realiza el encargado con su brazo izquierdo.
- A qué obedece la ubicación de la silla a un lateral y no en la parte frontal, es por el desplazamiento de maquinaria o estivas por el corredor adjunto?
- Herramientas de medición, como el medidor de Ovalamiento, están en muy mal estado.
- El puesto evidencia “años” de uso, no ha recibido mantenimiento alguno.
- A qué obedece la ubicación actual de puesto. No se aprovecha el espacio que este brindaría si el encargado se ubicara, o ubicara el puesto, teniendo en cuenta su arista frontal, no su lateral.
- A qué obedece la ubicación del puesto de trabajo en esta zona. Físicamente el calor se siente después en un corto periodo de tiempo, y el ruido es muy alto.
- El puesto está muy alejado de otras dependencias, la única dependencia más cercana es el puesto de trabajo del encargado de la línea siguiente (Línea E4, véase la figura 11), que tiene las mismas deficiencias.

3.2. EVALUACION DE LA INTERFAZ

Para realizar la evaluación heurística se formulan una serie de variables por cada uno de los principios. En el método estas variables son tomadas como correctas o verdaderas, a menos que la observación demuestre lo contrario. Estas se organizan en forma de fichas donde cada una lleva un código que la representa y se evalúa según una escala ordinal. El anexo B) *Heurística* muestra la evidencia del proceso de estudio realizado.

3.2.1. Accesibilidad. La tabla 17 contiene las variables con las cuales se evaluó este principio.

Tabla 17: Fichas principio accesibilidad

Accesibilidad				
VARIABLE	Ubicación y posición sedente			
Definición Operativa: El usuario se ubica y se sienta correctamente				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-1	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Alcance teclado y mouse.			
Definición Operativa: El usuario alcanza de forma apropiada el teclado y el mouse				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-2	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Alcance teléfono			
Definición Operativa: El usuario puede acceder fácilmente al teléfono.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-3	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Acceso al medidor de ovalamiento			
Definición Operativa: El usuario alcanza fácilmente el medidor de ovalamiento.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	

E1-4	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Acceso a herramientas de medición de mano			
Definición Operativa: El usuario alcanza fácilmente herramientas de medición manual.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-5	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Ubicación de herramientas manuales			
Definición Operativa: El usuario alcanza fácilmente herramientas manuales.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-6	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible

3.2.2. Autonomía. La tabla 18 contiene las variables con las cuales se evaluó este principio.

Tabla 18: Fichas principio autonomía

Autonomía				
VARIABLE	Sentarse			
Definición Operativa: El usuario se sienta sin ayuda de apoyos				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-7	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Usar herramientas de medición			
Definición Operativa: El usuario alcanza de forma apropiada el teclado y el mouse				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-8	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible

3.2.3. Legibilidad. La tabla 19 contiene las variables con las cuales se evaluó este principio.

Tabla 19: Fichas principio legibilidad

Legibilidad				
VARIABLE	Indicación del cajón			
Definición Operativa: El usuario interpreta correctamente la indicación que sugiere la ubicación del cajón.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-9	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Indicación apoyapiés			
Definición Operativa: El usuario interpreta correctamente donde debe ubicar los pies cuando se encuentra en posición sedente				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-10	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Índices de elementos y herramientas			
Definición Operativa: El usuario interpreta correctamente donde ubicar herramientas u otros elementos en el puesto de trabajo.				
Código	Naturaleza	Código	Escala	
E1-11	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Interpretación ubicación silla			
Definición Operativa: El usuario interpreta correctamente cual es el lugar destinado para ubicar la silla				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-12	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Conexiones eléctricas			
Definición Operativa: El usuario identifica claramente la ubicación de las conexiones eléctricas del Puesto de Control				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-13	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible

3.2.4. Consistencia. La tabla 20 contiene las variables con las cuales se evaluó este principio.

Tabla 20: Fichas principio consistencia

Consistencia				
VARIABLE	Características de la silla			
Definición Operativa: Todas las funciones de la silla son plenamente usadas				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-14	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Dimensiones del escritorio			
Definición Operativa: En su aspecto formal y dimensional, el puesto está pensado para las actividades del Encargado				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-15	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Material estructura			
Definición Operativa: Los materiales utilizados en la estructura del escritorio resisten los esfuerzos necesarios				
Código	Naturaleza	Código	Escala	
E1-16	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible
VARIABLE	Material de la superficie			
Definición Operativa: El material utilizado en la superficie de la mesa es la apropiada para resistir esfuerzos, impactos, ralladuras.				
Código	Naturaleza	Nivel medición	Escala	
E1-17	Cualitativa	Ordinal	1. muy fácil	2. fácil
			3. Difícil	4. Imposible

3.2.5. Valoración de la Interfaz. El estudio evidencia que existen problemas de interfaz muy marcados, por ejemplo, el hecho que se tenga que parar de la silla y darle la vuelta a todo el puesto para acceder al teléfono (figura 26a) o al cajón (figura 26b), la necesidad que tiene de apoyarse en el puesto para poder sentarse (figura 27), o las diferentes posiciones que tiene que tomar para poder medir el ovalamiento de la tubería y digitar los datos al mismo tiempo (figura 28).

Estos problemas el encargado no los concibe como importantes porque ya está condicionado a realizar su trabajo adaptándose al medio, y por consiguiente, al puesto, el cual es un diseño básico cuya forma y dimensiones no son consistentes con las actividades que se realizan.

Figura 26: a) Acceso al cajón – b) acceso al teléfono

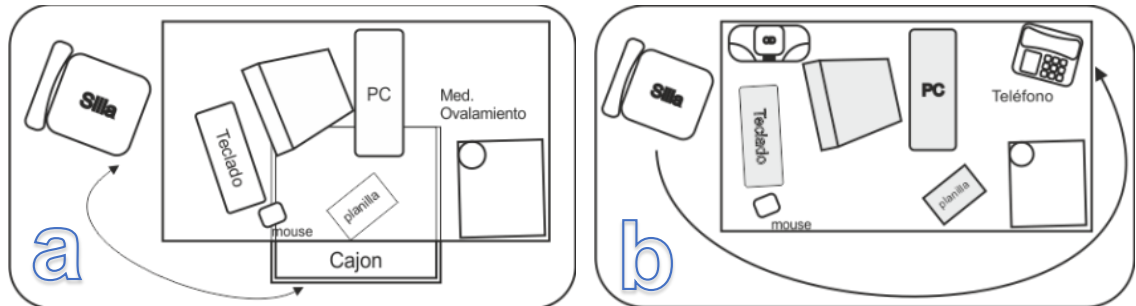


Figura 27: Acceso al asiento

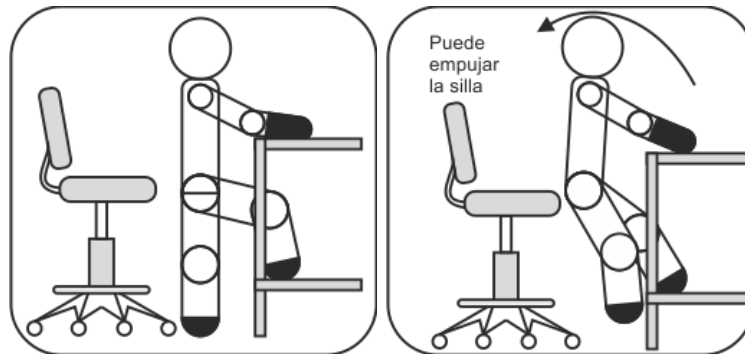
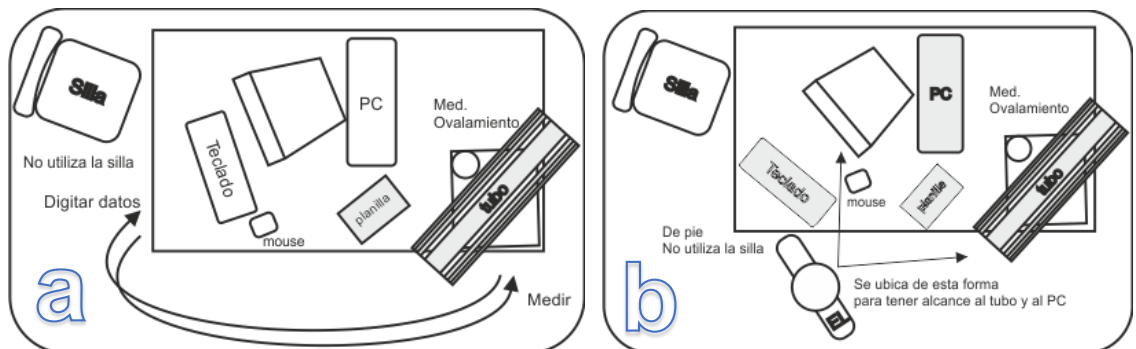


Figura 28: a) Medir, después digitar – b) Medir y digitar al mismo tiempo

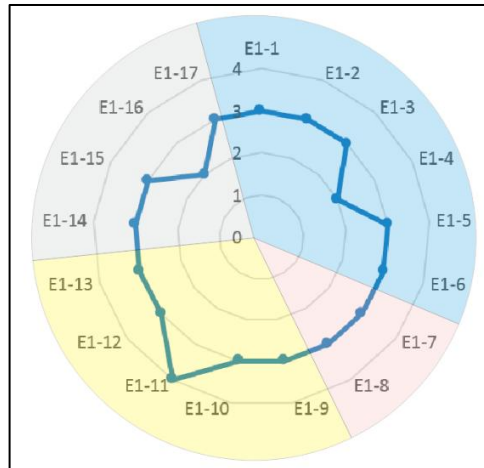


Para realizar el grafico que define la interfaz, se realiza un promedio de los valores dados a cada variable (tabla 21).

Tabla 21: Resultados Evaluación Heurística

CODIGO	VARIABLE	ESCALA	PRINCIPIO	PROMEDIO INTERFAZ
E1-1	Ubicación y posición sedente	3	Accesibilidad	2,83
E1-2	Alcance teclado y mouse.	3		
E1-3	Alcance teléfono	3		
E1-4	Acceso al medidor de ovalamiento.	2		
E1-5	Acceso a herramientas de medición de mano.	3		
E1-6	Ubicación de herramientas manuales	3		
E1-7	Sentarse	3	Autonomía	3
E1-8	Usar herramientas de medición en PCC	3		
E1-9	Indicación del cajón	3	Legibilidad	3,2
E1-10	Indicación apoyapiés	3		
E1-11	Índices de elementos y herramientas	4		
E1-12	Interpretación ubicación silla	3		
E1-13	Conexiones eléctricas	3		
E1-14	Características de la silla	3	Consistencia	2,75
E1-15	Dimensiones del escritorio	3		
E1-16	Material estructura	2		
E1-17	Material de la superficie	3		
				2,9

Figura 29: Grafico de Dispersión de la Interfaz

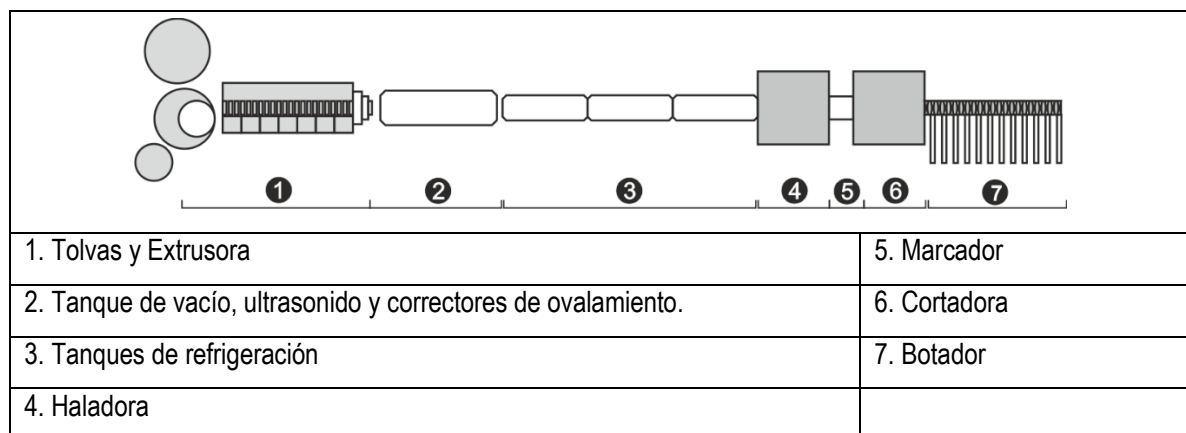


Como resultado del estudio la interfaz actual es dispersa, se considera que el puesto de trabajo es deficiente (Figura 29).

3.3. ANALISIS DE FALLOS EN LA LINEA DE EXTRUSIÓN

3.3.1. Aplicación del método AMFE. Se realiza la evaluación del área de producción donde trabaja el encargado de línea, que involucra la línea de Extrusión E1 en un proceso de producción general (figura 30)

Figura 30: Sectores Línea Extrusión E1 para Análisis AMFE



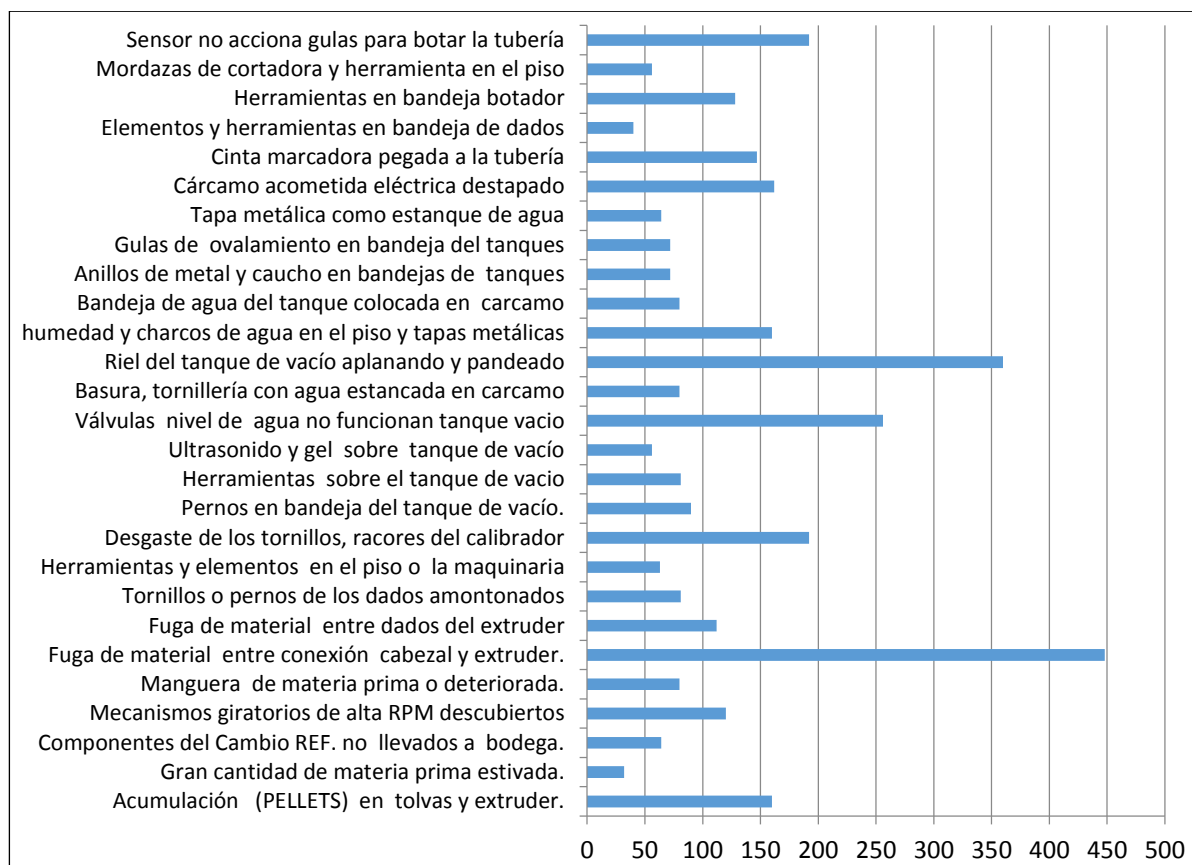
Para la realización del estudio se realiza un formato que contenga el fallo, el cuadro de valoración del NPR, una evidencia visual del mismo, su causa, su consecuencia, y la posible acción correctora. La tabla 22 es un extracto del anexo C) *AMFE de la línea E1* donde el lector puede encontrar toda la evidencia del estudio.

Tabla 22: Extracto método AMFE, fallo detectado en el sector 3, tanques de refrigeración.

Fallo			Severidad del fallo (valor S)				
Soluciones improvisadas que generan peores consecuencias: Bandeja de agua del tanque colocada en la canaleta.			1	2	3	4	5
			6	7	8	9	10
			Ocurrencia del fallo (valor O)				
			1	2	3	4	5
			6	7	8	9	10
			Prob. de no detección (valor D)				
			1	2	3	4	5
		6	7	8	9	10	
Causa	Es debido a un goteo del segundo tanque de refrigeración y esta fue una solución improvisada para controlarlo.						
Consecuencia	Se presenta acumulación de lama o musgo y un olor muy desagradable						
Acción Correctora	Adecuar la bandeja al tanque de vacío y destapar la tubería que se encuentra bloqueada, así se asegura que el agua haga su respectivo recorrido.						

3.3.2. Valoración de fallos. La figura 31 muestra los fallos encontrados en la línea de extrusión E1.

**Figura 31: Resultados AMFE Línea de Extrusión E1, Valoración de NPR
(Número de Prioridad de Riesgo)**



Por medio de este estudio se conoció toda la línea de Extrusión en su estado actual y los sistemas que conforman el proceso productivo. Las fallas encontradas se reportan al director de operaciones a través del informe que aquí se presenta como anexo.

Gracias a los resultados de este informe el coordinador SISO prioriza cuáles son las fallas más urgentes a corregir, y se establece este formato para análisis mensual siguiendo este método de valoración para todas líneas de extrusión.

Para la mejora del área de trabajo es de urgencia la corrección de estos fallos, ya que no es posible diseñar un puesto de trabajo bajo las condiciones en las que se encuentra la línea. Un nuevo diseño no funcionaría si las condiciones del entorno son deficientes, por lo tanto se propone:

- Limpiar continuamente las zonas de tolvas para evitar que la materia prima que cae al piso se acumule, genere humedad y oxide partes de la maquinaria. (Figura 32a)
- Mejorar la administración de las órdenes de encargo de materia prima a fin de reducir la cantidad bultos estibados que bloquean los pasillos de tránsito. (Figura 32b)

Figura 32: a) Humedad por acumulación de Pellets, -b) Acumulación de estivas con materia prima



- Llevar los accesorios de la línea de extrusión que no se usen a la bodega de mantenimiento, estos se acumulan en los pasillos de tránsito, en la línea de extrusión y en el puesto de trabajo. (Figura 33a)
- Evitar la rebaba o fuga de material corrigiendo la inclinación del cabezal de extrusión, esto evitaría que el encargado tenga que usar una cuchara o un cuchillo que guarda en el puesto como herramienta para quitar este exceso de material. La cuchara untada con material caliente se deja en el puesto y daña la formica de la superficie. (Figura 33b)

Figura 33: a) Accesorios línea E1, -b) Fuga de Material en Extrusora



- No dejar las herramientas y otros elementos de seguridad encima de la línea de extrusión, en el puesto de trabajo, o en el piso. Llevarlo a su respectivo estante de herramientas. (Figura 34a)
- Evitar la acumulación de tornillería en el puesto de trabajo y en la línea de extrusión.(Figura 34b)

Figura 34: a) Herramientas sobre la línea E1, -b) Acumulación de Tornillería



- Eliminar las comulaciones de humedad y charcos en la línea de extrusión que generen olores desagradables y puedan afectar al encargado.
- Evitar soluciones improvisadas que generen peores consecuencias, como las tapas metálicas que se usan como estanques de agua (figura 35a), o disponer del puesto de trabajo y de la línea de extrusión como un estante para la acumulación de componentes y repuestos (figura 35b).

Figura 35: a) Charcos en Línea E1, -b) Accesorios acumulados en la línea



3.4. ACTIVIDADES DEL ENCARGADO

La aplicación de la ingeniería de métodos y tiempos permitirá estudiar el trabajo que realiza el encargado dentro de su jornada normal. Para el diseñador es necesario establecer diagramas concluyentes que muestren la relación que existe entre las actividades que realiza en el puesto y las que realiza en el área de trabajo.

Las actividades se separan en dos grupos, las de medición y verificación y las de manipulación y transporte. Las primeras hacen referencia a un trabajo estático, en el puesto o en puntos específicos de la línea de extrusión. Las segundas hacen referencia a actividades que involucran desplazamiento y transporte de cargas.

La tabla 23 es un extracto del anexo *D) Métodos y tiempos*, donde encontrara evidenciado el proceso de análisis por medio de un cuadro donde se especifica la actividad, el tiempo de ejecución, las veces que la realiza en cada hora, y una descripción del proceso.

Actividad		Actividad		Actividad	
Medición diámetro y perímetro		Medición espesores		Medición ovalamiento	
					
Tiempo (min)	Veces / Hora	Tiempo (min)	Veces / Hora	Tiempo (min)	Veces / Hora
0.20	2	1.5	2	4	2
Rodea el tubo utilizando la cinta Pi y lee la medición		Usa el micrómetro, mide en 8 puntos el grosor del tubo.		Apoya el tubo en el yunque en X, cuadra el medidor, centra y gira el tubo para ver la variación del ovalamiento.	

Figura 36: Formato de Control Dimensional

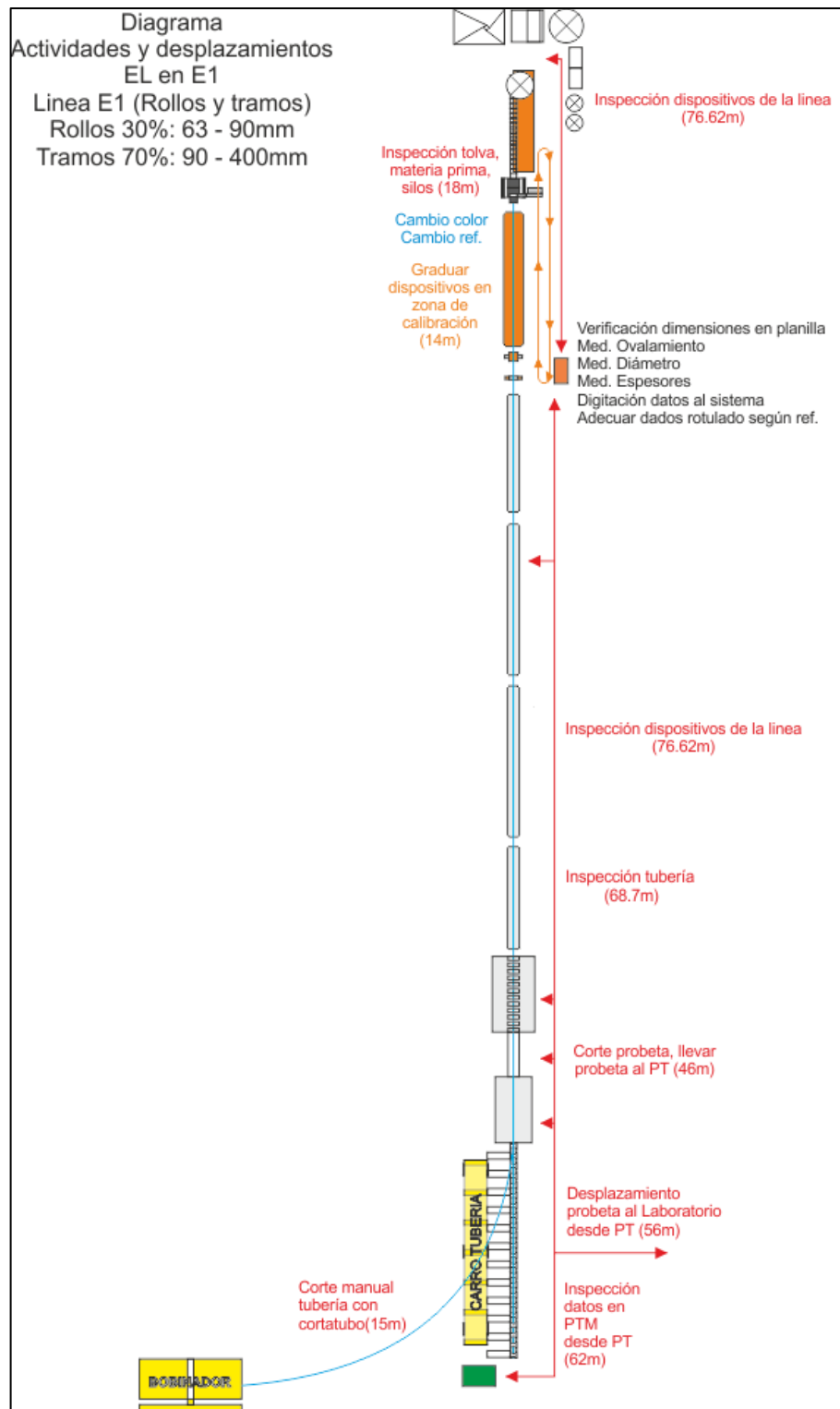
72

3.4.2. Actividades y desplazamientos. En la producción de rollos el encargado de línea tiene que desplazarse dos veces por hora a la zona del botador, revisa la tabla de control dimensional del operario que tiene un puesto de trabajo móvil (PTM), corta una muestra de tubería y la lleva al puesto (PT) para su medición. En su desplazamiento aprovecha para revisar los sectores claves de la extrusora así como la producción de la tubería. Después de realizar la medición del tubo y digitar los datos al sistema, transporta el tubo al laboratorio (LAB) que tiene que certificar las tolerancias y realizar pruebas de presión y compresión a la probeta.

Constantemente está revisando la salida del tubo por el tanque del vacío y la presión interna del mismo. Revisa el panel de control de la extrusora para verificar las temperaturas de las matrices de extrusión y del tornillo extrusor. Inspecciona la zona de silos y la tolva, verificando que los PELLETS no tengan impurezas que sean visibles a simple vista. Inspecciona los tanques de refrigeración, la cortadora, la Haladora y el marcador.

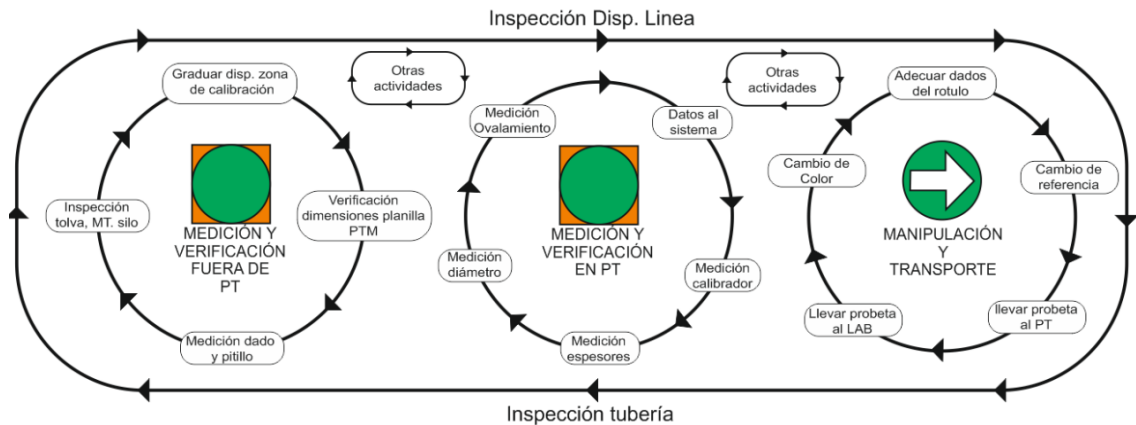
En la figura 37 se recopilan los desplazamientos junto con las actividades que realiza y las distancias recorridas.

Figura 37: Actividades y Desplazamientos por Línea de Extrusión E1



3.4.3. Ciclos de trabajo. Teniendo en cuenta la figura 38 se logra establecer tres grupos de actividades que realizan el encargado, las de medición y verificación tanto en el puesto (PT), como en la línea, y las actividades de manipulación y transporte.

Figura 38: Diagrama de Proceso, Actividades Encargado de línea



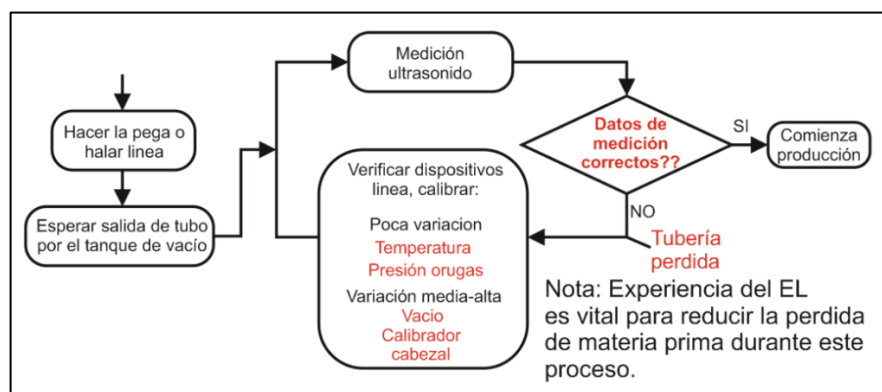
3.4.4. Flujos de trabajo. El cambio de referencia consiste en el desmontaje y montaje de los dados que definen el diámetro de la tubería a extruir. El cambio de color, por su parte, es el cambio de todo el cabezal de extrusión, por lo tanto se tiene que retirar el cabezal existente que producía tubería de color negro (agua) y poner el cabezal nuevo para producir tubería de color amarillo (gas). Estas dos actividades pueden durar un turno de trabajo completo o más dependiendo de la complejidad de la actividad y paran toda la línea.

Después de un cambio de referencia o de color, comienza lo que se llama, halar la línea, este es el arranque de la extrusora y es necesario que el encargado se esté desplazando constantemente desde la extrusora al tanque de vacío calibrando la nueva tubería extruida. La experiencia es vital en este punto, entre más se demore calibrando el tubo, mas será la tubería perdida.

La figura 39 es un diagrama de flujo que explica este proceso, una vez calibrada la tubería, el encargado debe pasar un reporte detallado con todas las variables de

los dispositivos de la línea y los metros de tubería que se perdieron durante la calibración.

Figura 39: Flujo de trabajo durante el arranque



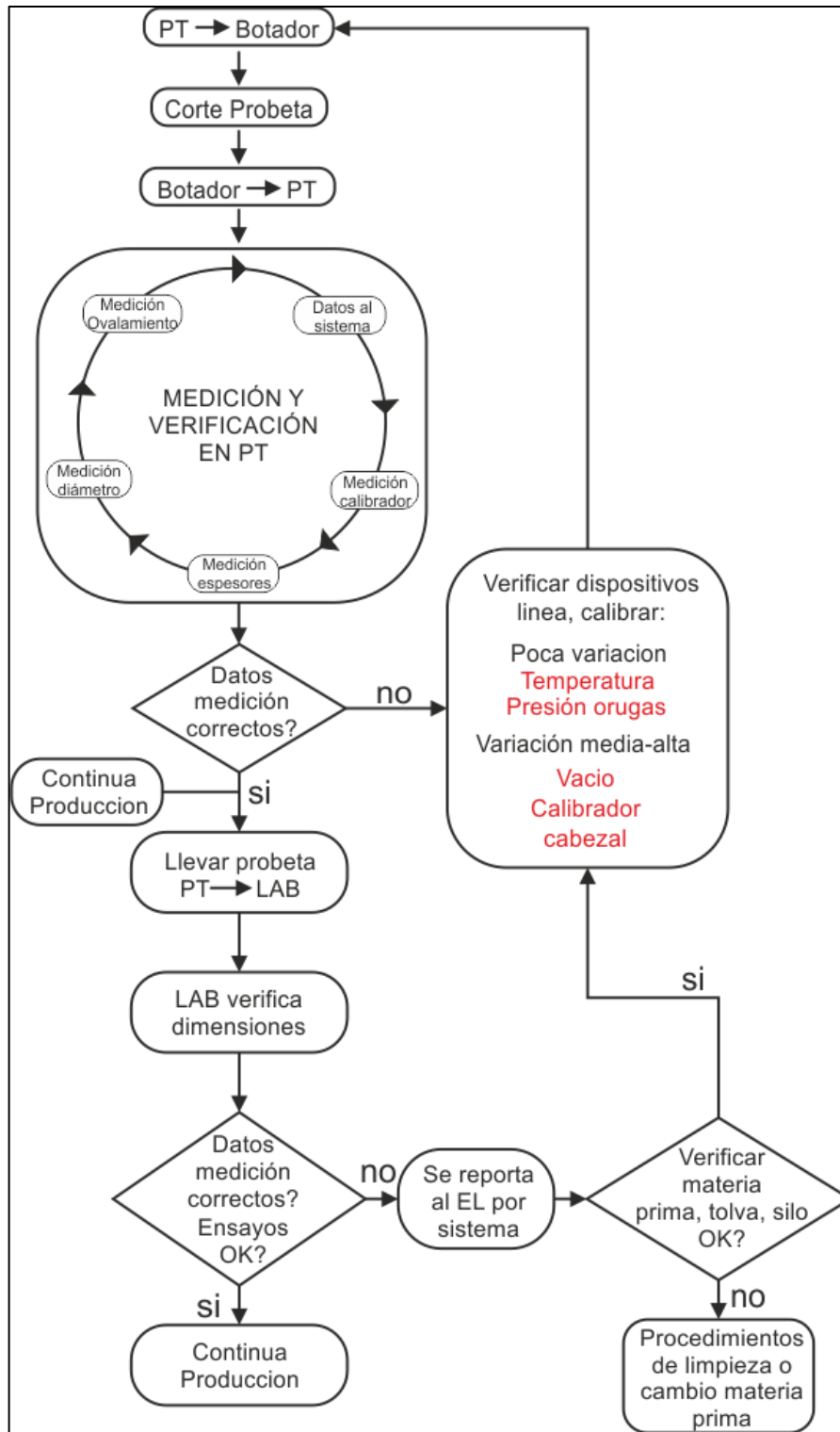
Una vez lograda la calibración, comienza la producción y es necesario mantener e inspeccionar estas variables. Es aquí donde comienzan los desplazamientos y las actividades de verificación por toda la línea, que se representan en el diagrama de flujo de la figura 40, donde el encargado (EL) va del puesto (PT) al botador, corta la probeta, se devuelve, hace la medición de la probeta, si los datos son correctos, lleva el tubo al laboratorio (LAB), si no son correctos, tiene que verificar los dispositivos de la línea y volver a repetir el proceso. La tabla 24 muestra los tiempos de las actividades cíclicas.

Tabla 24: Tiempos para Actividades Cíclicas (Repetitivas)

Actividad	Tiempo (min)	Frecuencia/turno.	Tiempo total (min)/turno
Inspección tolva, materia prima, silos.	10	2	20
Inspección dispositivos línea	7.4	16	118.4
Inspección tubería	continua	continua	continua
Corte manual probeta 30cm	1.5	16	24
Desplazamiento probeta al PT	1	16	16
Desplazamiento al LAB	1.30	2	2.6

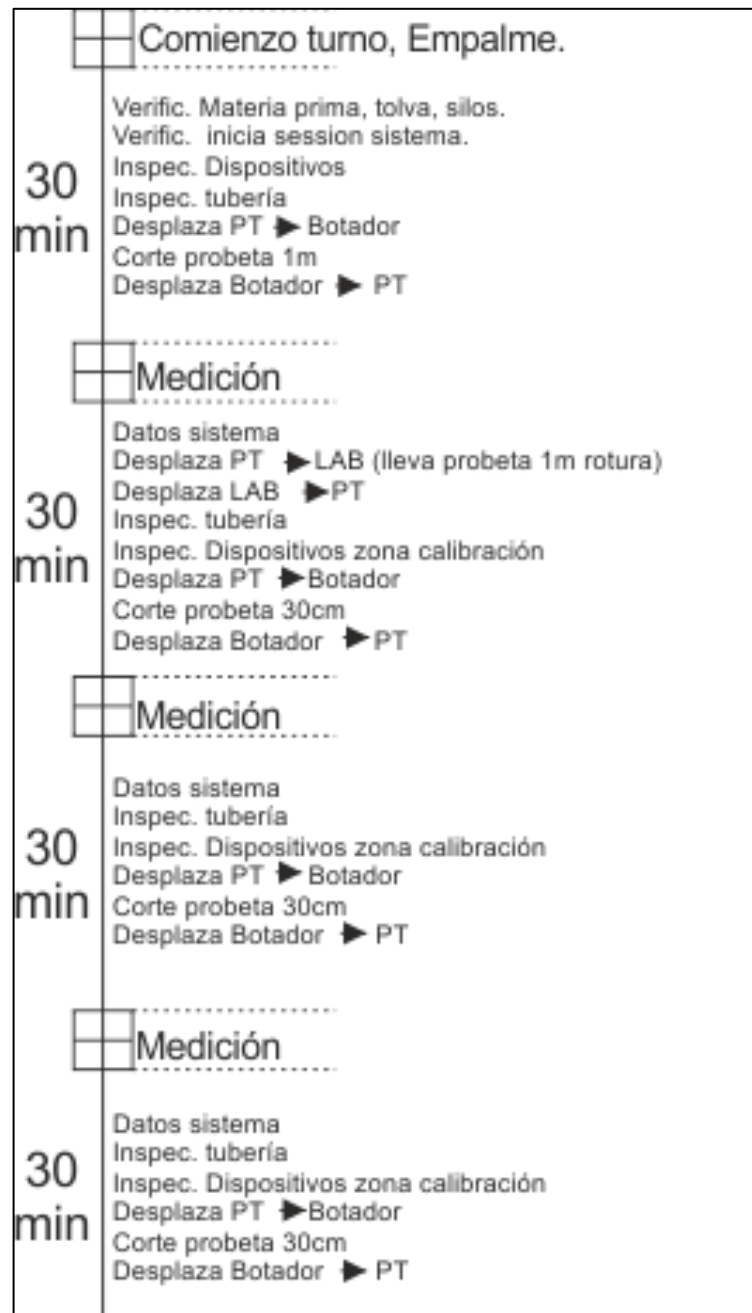
Med. Ovalamiento	1.2	16	19.2
Med. Diámetros	0.20	16	3.2
Med. Espesores	1.5	16	24
Med. Calibrador	1.40	16	22.4
Datos al sistema	0.30	16	4.8
Otras actividades	60	1	60
Actividades no rutinarias	30	1	30
TOTAL			344.6

Figura 40: Flujo de trabajo general



3.4.5. Turno normal de producción. En la figura 41 se puede concluir el ritmo de trabajo que tiene el encargado cada media hora hasta completar un turno de 8 horas.

Figura 41: Flujo de trabajo general



3.4.6. Síntesis de las actividades. Para tubería a tramos el encargado de línea debe:

- Cortar una probeta en el arranque y una cada 8 horas.
- Desplazarse hasta el Puesto móvil a verificar los datos de la planilla cada media hora.
- Llevar la planilla al puesto, digitar los datos al sistema cada media hora.
- Realiza verificación con ultrasonido y tanque de vacío cada media hora.

Las mediciones de tubería a tramos se realizan en el Puesto móvil, solo se realiza la medición en el Puesto de control con la probeta de 1m, 2 veces en el turno.

Para tubería a rollos el encargado de línea debe:

- Cortar probetas pequeñas de 30 cm cada media hora.
- Cortar una probeta de 1m cada 8 horas.
- Hace las mediciones en el Puesto cada media hora.
- Pasar datos al sistema cada media hora.

No se utiliza el Puesto móvil durante la producción de rollos.

3.4.7. Conclusiones

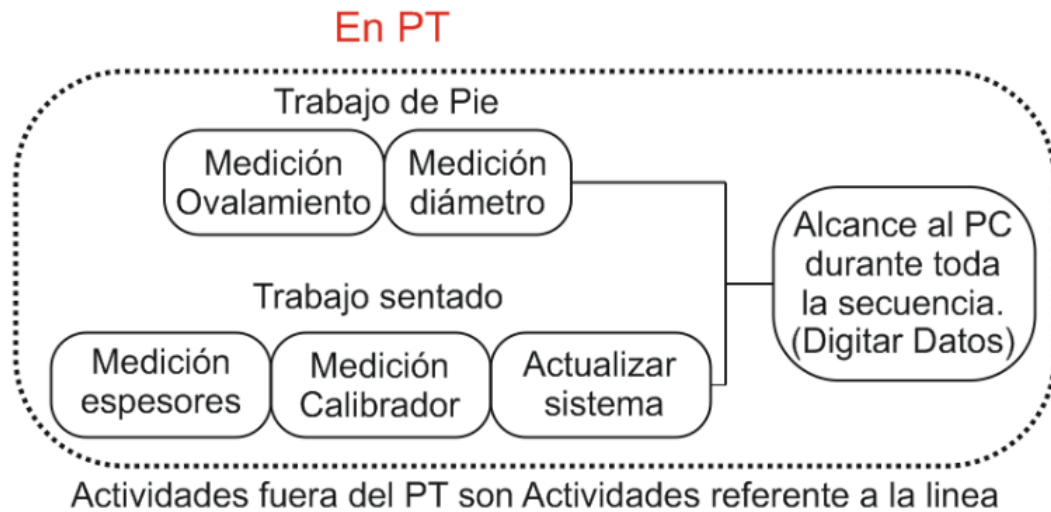
- Se establece la producción de rollos como la más crítica debido a su rapidez, y demanda más trabajo por parte del encargado y los operarios, además es durante esta producción que se utiliza más el Puesto de control.

- Durante las 8 horas que dura el turno el Puesto es utilizado 3.21 horas durante un turno de trabajo normal que no incluya las actividades de cambio de color o referencia. El encargado dura más tiempo desplazándose por la línea, y esto es consecuencia de los fallos presentados en el estudio AMFE, que hacen que el encargado tenga que desplazarse más de lo que debería.
- Aunque se establece un ritmo de trabajo normal, las actividades del encargado pueden variar según el tipo de inconvenientes que pueda tener durante la producción, debe estar a la expectativa de cualquier fallo y actuar de forma rápida y segura frente a los problemas que se puedan presentar, es un trabajo donde pesa su experiencia en el proceso.
- El proceso de calibración e inspección se realiza en un área cercana a la ubicación actual del puesto, por lo tanto estos procesos son de tal importancia en la producción que demarcan la ubicación actual del Puesto de control, dejando en segundo plano los desplazamientos que tiene que hacer el encargado por la línea.

3.4.8. Propuestas de mejora.

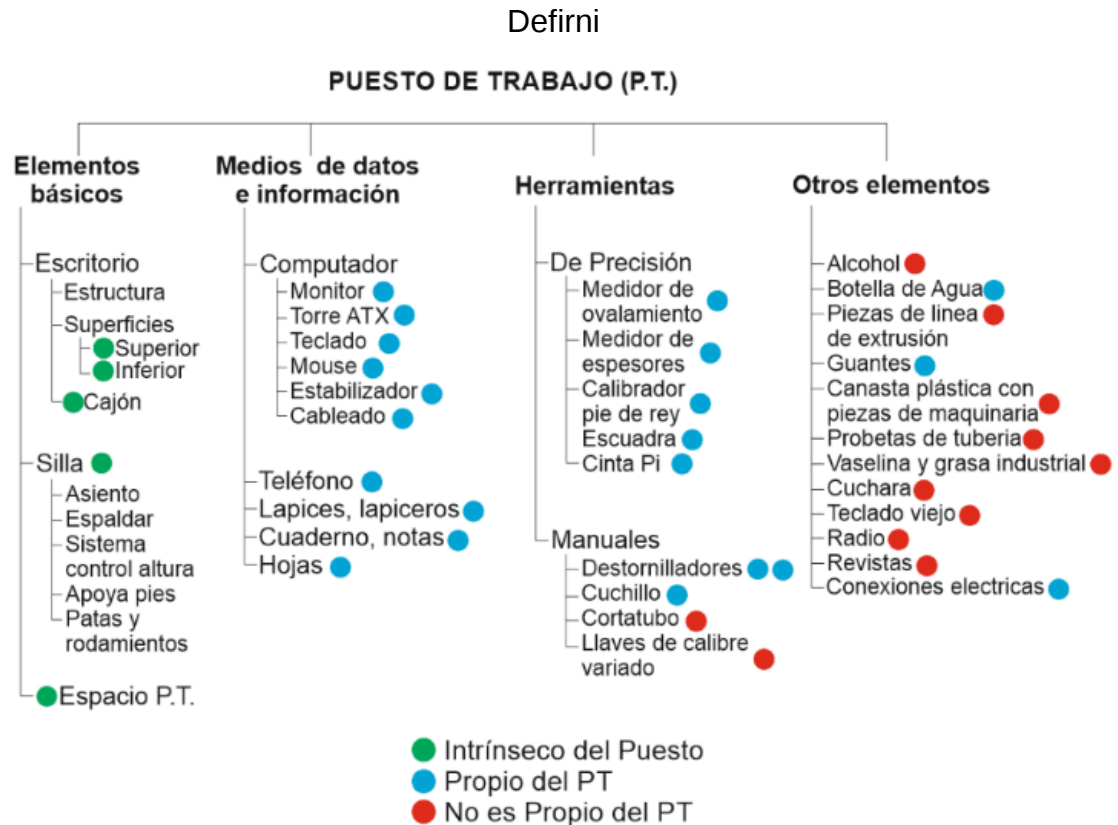
- La secuencia dependerá de la disposición de los elementos, y de la posición y alcances definitivos del Puesto (PT). Se propone una secuencia de acuerdo a su tipo de trabajo por medio de la figura 42.

Figura 42: Secuencia optima de actividades



- Es necesario definir qué medios de trabajo son propios del puesto y cuáles no a fin de evitar la acumulación de objetos que van a generar desorden en la línea. Como se pudo ver en el estudio (anexo c), muchas actividades se podrían realizar en un tiempo menor si el encargado no tuviera que buscar sus herramientas de medición en el puesto o en el área cercana. La figura 43 propone los medios que deben ser propios del puesto.

Figura 43: Medios que pertenecen al puesto

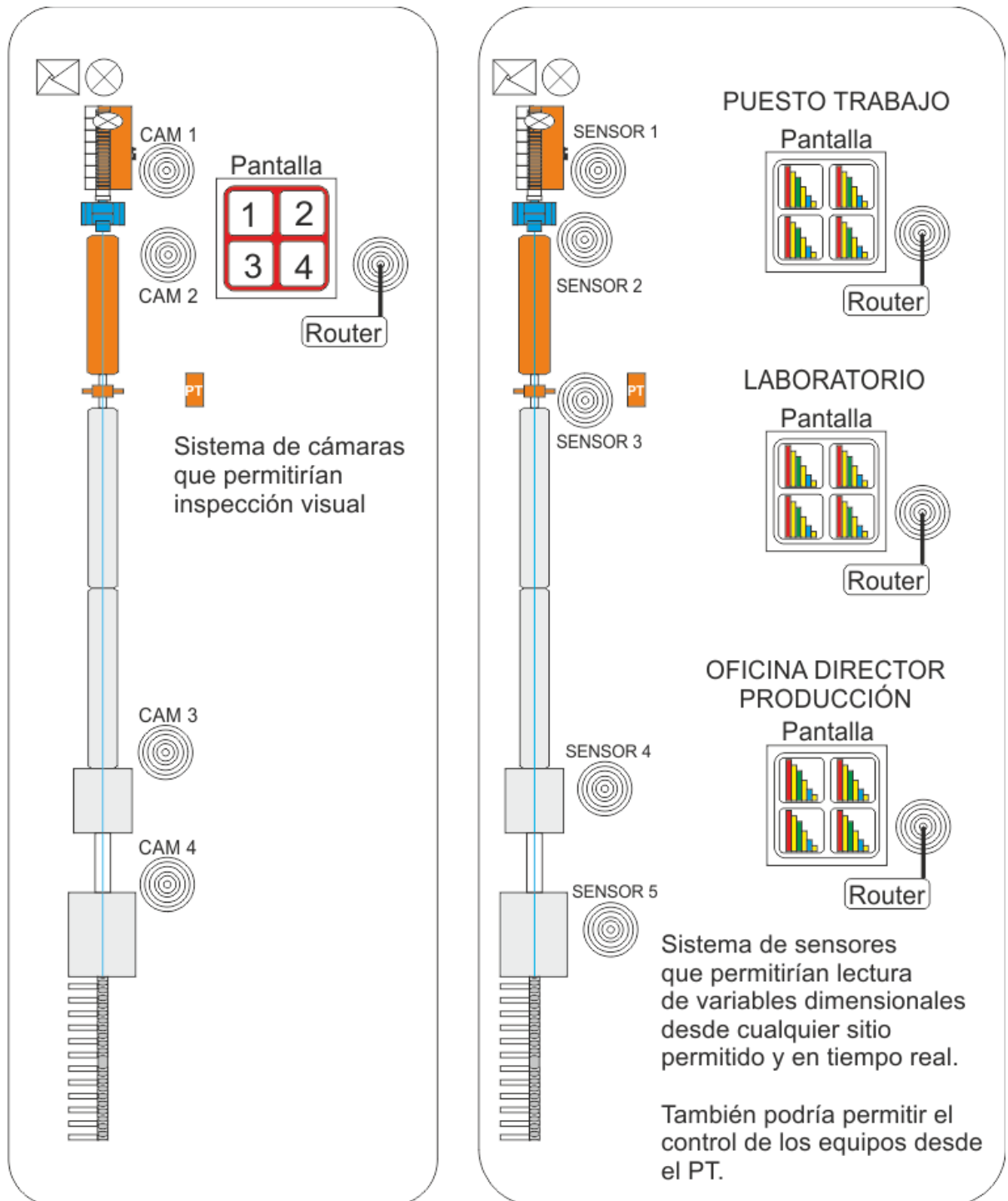


- El desplazamiento por la línea va a ser una constante siempre, por lo tanto los métodos que se puedan proponer para su solución supondrán nuevas tecnologías de inspección de los sectores más importantes de la línea. Su inclusión dependerá de las decisiones que requiera la Empresa.

La figura 44 propone dos alternativas. Una por medio de la instalación de cámaras IP, que puedan ser enlazadas al computador del puesto y dan una visualización del estado de la tubería producida. La otra opción es la ubicación de sensores ultrasónicos que brinden datos dimensionales de la tubería y sean enlazados al computador del puesto por medio de un software estadístico. Esta última opción traería grandes ventajas, no solo en la disminución de los desplazamientos del encargado, sino en la misma

producción de la tubería ya que las pérdidas serían menores y el proceso de calidad sería el óptimo.

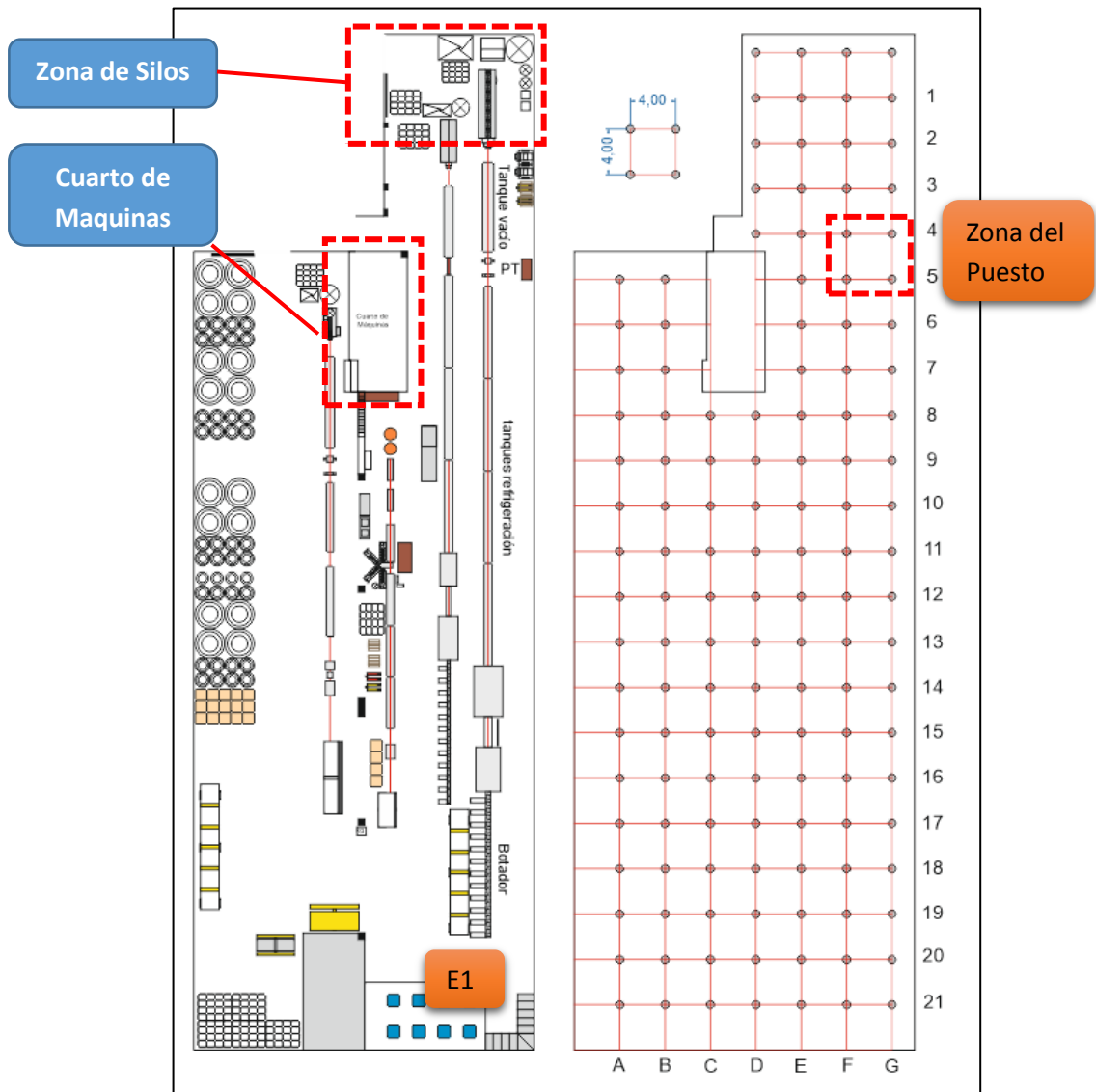
Figura 44: Reducción de desplazamientos



3.5. EVALUACION GLOBAL DEL PUESTO

3.5.1. El Entorno Físico. Como la empresa solicita un estudio completo, se realiza un plano general de la planta y se establece una cuadrícula. Al ser un área muy grande y poder realizar un estudio rápido antes de que cambien las condiciones del clima, se establece la cuadrícula con un área de 4 x 4 metros. (Figura 45).

Figura 45: Área de Estudio Planta Extracol S.A.



3.5.1.1. Ambiente Térmico: Para el estudio del ambiente térmico se realizan las mediciones en los 129 puntos, por lo que se necesitó de dos días con condiciones térmicas semejantes para poder completar la prueba ya que era necesario dejar condicionar el termo higrómetro mínimo 10 minutos para poder medir la temperatura y la humedad relativa.

Después de tomar las mediciones estas se tabularon en un cuadro de Excel ubicando en cada celda el valor correspondiente al punto de medición, de esta forma en el cuadro de Excel también se tenían 129 valores, lo que permitía sacar un gráfico de superficie y analizar la zona de importancia en este caso, la del puesto de trabajo, demarcado por los puntos G-4 - G5, como se muestra en la tabla 25 con la figura 46 para las temperaturas, y la tabla 26 con la figura 47 para la humedad relativa.

Figura 46: Diagrama de superficie. Temperaturas, Planta Extrucol S.A.

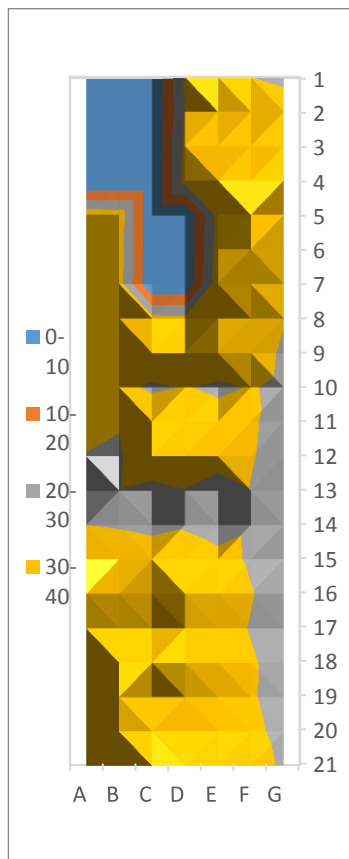


Tabla 25: Temperaturas Extrucol

Entorno Físico		Instrumento		Hora Inicio			
Temperatura (°C)		Termo Higrómetro		11:30			
Ruido (Db)		Sonómetro		Hora Termino			
Luz (Luxes)		Luxómetro		14:50			
	A	B	C	D	E	F	G
1				31,2	30,6	30	29,4
2				30,6	30,9	31,2	31,5
3				32,6	32,5	32,4	32,3
4				33,8	35,2	34,6	34
5	36,2	35,7			33,6	34,9	32,2
6	35,3	34,8			34,3	35,3	31,3
7	34,4	33,9			36,5	33,5	30,5
8	33,5	33	33,2	32,3	33,6	31,9	30,2
9	32,6	32,1	34,7	33	33,2	31,4	29,6
10	31,7	31,2	29,2	30,2	29,3	30,2	29,4
11	30,8	30,3	33,9	32,7	31,5	30,3	29,1
12	29,9	29,4	34,4	33	31,6	30,2	28,8
13	28,1	29,7	28,2	29,8	28,3	29,9	28,4
14	30	29,3	28	29,4	28,1	29,5	28,2
15	35,4	35	34,4	32,8	31,2	29,6	28
16	35,7	34,8	33,9	34	32,1	30,2	28,3
17	34,8	34	33,2	33,4	31,6	29,8	28
18	33,4	35,6	34,8	34	32,2	30,4	28,6
19	32,8	36,3	33,4	33,3	31,8	30,3	28,8
20	31,1	35,8	34,5	33,2	31,9	30,6	29,3
21	32,2	33,6	35	34,4	32,8	31,2	29,6

Figura 47: Diagrama de superficie. Humedad relativa, Planta Extrucol S.A.

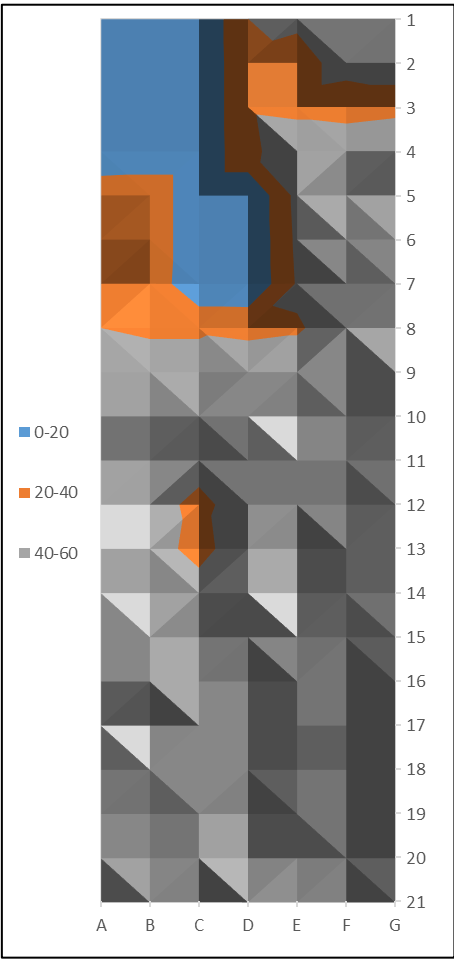


Tabla 26: Humedad Extrucol

Entorno Físico			Instrumento			Hora de Inicio	
Humedad Relativa (%)			Termo Higrómetro			11:30	
Ruido (Db)			Sonómetro			Hora de Termino	
Luz (Luxes)			Luxómetro			14:20	
	A	B	C	D	E	F	G
1				40	41	42	43
2				39	38	42	42
3				39	38	37	38

Entorno Físico			Instrumento			Hora de Inicio	
Humedad Relativa (%)			Termo Higrómetro			11:30	
Ruido (Db)			Sonómetro			Hora de Termino	
Luz (Luxes)			Luxómetro			14:20	
	A	B	C	D	E	F	G
4				38	45	42	43
5	36	38			46	44	44
6	37	38			44	44	44
7	36	36			42	44	46
8	40	39	39	38	39	45	45
9	43	43	43	45	45	45	48
10	44	44	45	45	44	45	48
11	43	43	43	44	45	46	48
12	44	43	38	44	45	46	49
13	45	44	37	46	44	47	49
14	45	44	44	46	44	47	49
15	45	45	43	44	45	47	50
16	45	45	43	43	46	47	51
17	43	42	43	43	46	47	51
18	42	43	43	43	45	46	50
19	42	42	43	42	45	46	50
20	42	42	43	42	44	46	48
21	41	43	42	45	46	45	48

Para establecer si estas temperaturas son o no perjudiciales para el encargado es necesario establecer el índice WBGT y el consumo metabólico por actividad. Se halla el índice de temperatura de globo húmedo a partir de la temperatura seca y la humedad según tabla 27 para el área del puesto de trabajo y se promedia para la línea de extrusión, de esta manera se obtienen los resultados de la tabla 28.

Tabla 27: Tabla de Cálculo del índice WBGT con entradas de humedad y temperatura

Fuente: Bureau of Meteorology [2010]. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/#wbgt

Valoración WBGT, Área del Puesto de Trabajo (Actividades en PT)			
Coordenadas	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Valor WBGT
G – 5	32.2	44	30
Valoración WBGT, Área Línea de Extrusión (Desplazamientos)			
Coordenadas	Temperatura Promedio(°C)	Humedad Promedio (%)	Valor WBGT Promedio
De G – 1 a G - 20	29	45	27

Para el consumo metabólico se consideran las actividades cíclicas que realiza el encargado, obteniendo la tabla 29:

Tabla 29: Consumo Metabólico por actividad

Actividad	Tiempo (min)	Tipo trabajo	Consumo Metabólico (Kcal /min)	Consumo metabólico x Tiempo
Inspección tolva, silos.	10	Andando en terreno llano	2.0	20
Inspección dispositivos línea	7.4	Andando en Terreno llano	2.0	14.8
Inspección tubería	Continua	Andando en terreno llano	2.0	$2.0 \times 8 = 16$
Corte manual probeta	1.5	De pie + Trabajo pesado con ambos brazos	$0.6 + 2.5 = 3.1$	4.65
Desplazamiento probeta al PT	1	Andando + Trabajo Pesado con un brazo	$2.0 + 1.7 = 3.7$	3.7
Desplazamiento al LAB	1.30	Andando + Trabajo Pesado con un brazo	$2.0 + 1.7 = 3.7$	4.81
Med. Ovalamiento	1.2	De Pie + Trabajo manual ligero	$0.6 + 0.4 = 1.0$	1.2
Med. Diámetros	0.20	Sentado + Trabajo manual ligero	$0.3 + 0.4 = 0.7$	0.14
Med. Espesores	1.5	Sentado + Trabajo manual ligero	$0.3 + 0.4 = 0.7$	1.05
Med. Calibrador	1.40	Sentado + Trabajo manual ligero	$0.3 + 0.4 = 0.7$	1
Datos al sistema	0.30	Sentado + Trabajo manual ligero	$0.3 + 0.4 = 0.7$	0.21
Otras actividades	60/8=	De Pie	0.6	4.5

	7.5			
Actividades no rutinarias	30/8= 4.15	De pie	0.6	2.5
TOTAL consumo:			20.1	74.5 Kcal

Si se tiene en cuenta que cada actividad se realiza 2 veces /hora, se tiene que:

$$74.5 \times 2 = 149 \text{ Kcal/hora} \gggg 1192 \text{ Kcal} / 8 \text{ horas}$$

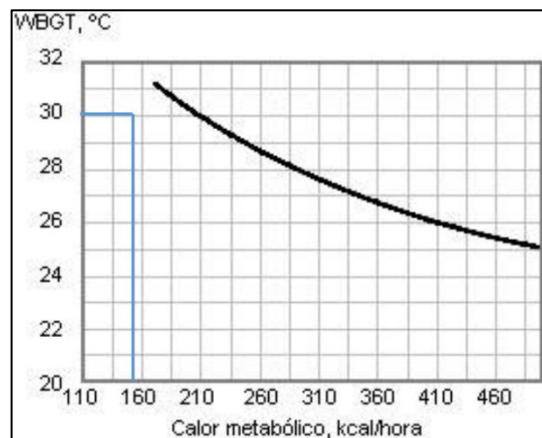
Según este valor y la tabla 8 (*Valores de las temperaturas WBGT admisibles*), el régimen de trabajo se puede considerar:

- *Continuo* para las actividades que realiza en el Puesto.
- *75% trabajo – 25% descanso*: Para las actividades que requieren desplazamiento y así evitar estrés térmico.

Se determina el Estrés térmico con base a la tabla 30, donde:

- SI hay Estrés térmico: Si el valor obtenido se encuentra por encima de la curva de la gráfica, condición no adecuada para el trabajador.
- No hay Estrés Térmico: Si el valor obtenido se encuentra por debajo de la curva de la gráfica, el trabajador se encuentra operando en condiciones buenas, más no óptimas.

Tabla 30: Grafica WBGT VS Calor Metabólico



Fuente: Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico

Según la tabla 30, no hay estrés térmico, pero tanto la escala del WBGT como el promedio del calor metabólico dan resultados muy elevados y cercanos a la curva, la posibilidad de estrés térmico es muy alta.

3.5.1.2. Ambiente Acústico: Para el estudio del ambiente acústico se realizó el mismo procedimiento que se hizo para el ambiente térmico, se midieron los mismos 129 puntos con un sonómetro y se obtuvo el grafico de superficie para las mismas coordenadas de la figura 46.

Para la prueba también fue necesario identificar los puntos de mayor ruido, como es el cuarto de máquinas y la zona de silos (Figura 46), identificando la cercanía que tienen estos con la zona donde se ubica el puesto.

Figura 48: Diagrama de superficie. Acústica, Planta Extrucol S.A.

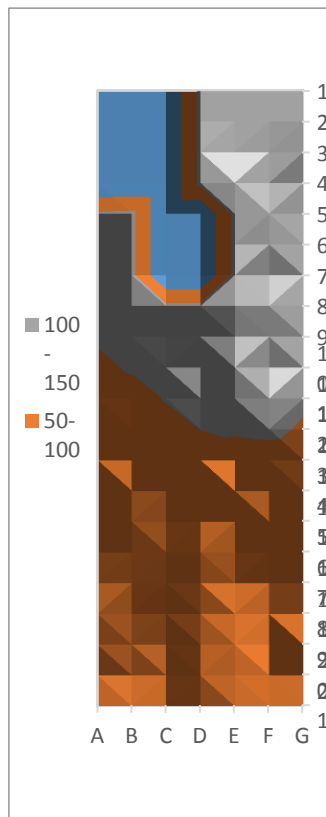


Tabla 31: Acústica Extrucol

Entorno Físico			Instrumento			Hora Inicio	
Temperatura (°C)			Termo Higrómetro			8:30	
Ruido (Db)			Sonómetro			Hora Termino	
Luz (Luxes)			Luxómetro			12:20	
	A	B	C	D	E	F	G
1				111,2	110,2	109,2	108,2
2				111,2	110,2	109,2	108,2
3				111,4	110,2	109	107,8
4				111,6	111,2	108,8	105,5
5	105,2	111,6			110,8	109,4	104,3
6	104,6	111,6			110,4	108,5	104,4
7	104,2	111,3			110,6	106,2	104,2
8	103,1	110,9	110,8	111,1	111,2	108,4	104,1
9	102,5	105,4	106,5	107,8	108,9	106,3	103,5
10	95,3	102,4	104,5	103,2	109,6	104,4	103,3
11	89,4	90,5	101,4	102,3	107,4	105,3	102,5
12	84,3	88,4	92,4	100,3	102,7	103,6	98,2
13	81,5	82,6	88,4	93,2	90,4	93,4	92,5
14	80,4	84,1	85,3	87,4	89,85	87,07	89,2
15	79,9	83,4	83,6	85,5	83,2	84,786	84,7
16	79,5	81,4	82,3	83,7	80,4	80,13	80,5
17	78,7	79,4	79,6	80	77,2	75,474	76,4
18	78,5	76,6	76,3	77,5	76,4	73,818	74,6
19	75,4	74,2	73,4	76,1	75,7	72,762	84,8
20	72,4	72,2	72,4	75,4	74,4	72,506	71,3
21	72,4	72,6	72,1	73,6	73,5	71,8	70,6

En la tabla 31 se registra un alto índice de riesgo acústico por encima de los 100 decibles con respecto a la tabla 5 (*Consideraciones Ambiente Acústico según Res. 2400*), la Empresa ha optado por brindar a los trabajadores tapa oídos certificados en silicona, siendo su característica especial que tienen la misma configuración

formal del odio personalizado de cada trabajador, lo que brinda una buena protección.

Aun así este problema sigue latente, y a pesar de tener tapa oídos el encargado no escucha cuando está en el puesto, las únicas señales que recibe son visuales. El cuarto de máquinas es el punto de mayor intensidad acústica de toda la planta, seguido por la zona de silos.

3.5.1.3. Ambiente Lumínico: Se determina la medición para las horas de la noche y se realiza el mismo proceso de medición para obtener el diagrama de superficie de la figura 49 por medio de la tabla 32.

A primera vista se aprecia que la disposición de las luminarias obedece a la configuración de las líneas de extrusión. Las lámparas están colocadas siguiendo las líneas, y sus focos lumínicos descentralizados iluminan los pasillos. La zona del puesto no recibe luz directa necesaria para los trabajos de medición.

Figura 49: Diagrama de superficie. Luminancia, Planta Extrucol S.A.

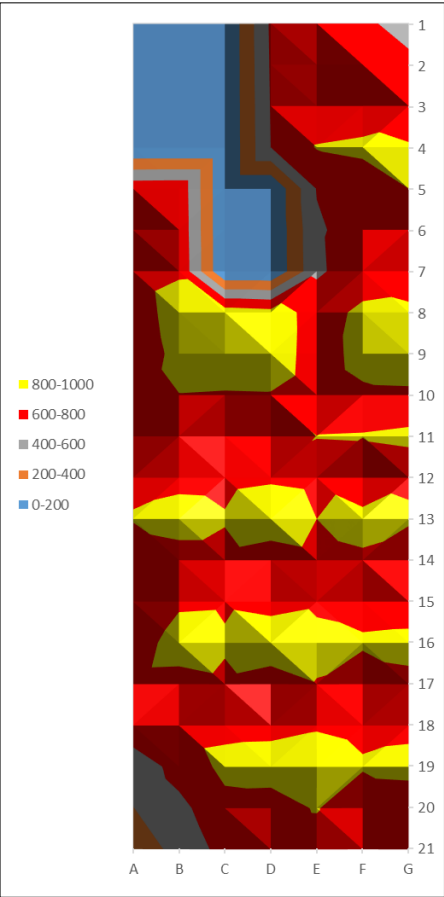


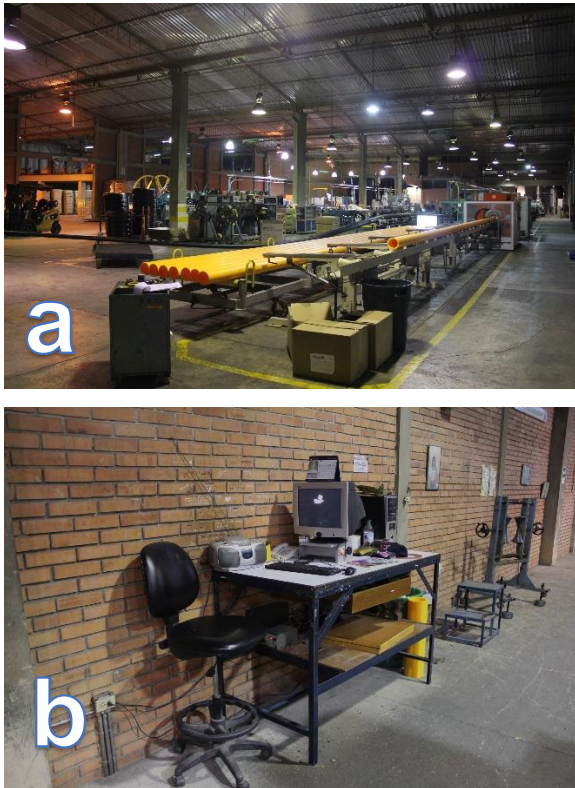
Tabla 32. Luminancia

Entorno Físico			Instrumento			Hora Inicio	
Temperatura (°C)			Termo Higrómetro			19:30:00 a. m.	
Ruido (Db)			Sonómetro			Hora Termino	
Luz (Luxes)			Luxómetro			22:10:00 p. m.	
	A	B	C	D	E	F	G
1				630	650	640	520
2				620	648	705	650
3				611	643	680	730
4				601	812	840	810
5	742	750			610	700	800
6	720	762			572	695	710

7	712	775			563	730	680
8	692	895	906	870	746	826	842
9	645	870	882	873	742	841	862
10	685	796	790	793	735	780	783
11	694	782	752	753	801	802	805
12	759	786	784	792	784	744	786
13	812	821	805	842	800	823	812
14	663	780	780	762	780	790	742
15	654	778	784	765	786	760	762
16	725	864	814	865	823	814	820
17	756	751	777	749	796	740	784
18	765	748	763	766	788	764	784
19	452	684	843	856	870	816	820
20	396	543	749	745	810	680	760
21	300	452	673	723	730	650	730

La figura 50a es una fotografía de la línea E1 tomada de noche con un grado de sensibilidad ISO 100. Se detalla la ubicación de las luminarias encima de las líneas de extrusión, mas no en los pasillos. La figura 50b es una fotografía del puesto de control E1 de noche, este recibe la luz de una de las luminarias de la línea E1, como se puede evidenciar por la dirección de las sombras.

Figura 50: a) Línea de extrusión E1 de noche – b) puesto de control E1 de noche



Fuente: Fotografías tomadas por el autor con una cámara canon EOS Rebel TX en horas de la noche, con configuración de imagen al natural y nivel de sensibilidad ISO 100,

3.5.2. Carga Física. Para el estudio de la carga física fue necesario tomar evidencia fotográfica de las posturas realizadas por diferentes encargados y escoger cuales serían objeto de análisis. Por medio del método RULA se establecen los valores según los grupos de evaluación y se asignan las puntuaciones que modifican estos valores.

La tabla 33 es un ejemplo de la forma como se ejecutó este estudio donde se adaptan los cuadros del método. Para más información se puede consultar el anexo E) *Carga Física*.

A partir del análisis y teniendo en cuenta las recomendaciones de la tabla 15 (recomendaciones RULA) se aplican estas a las puntuaciones finales por actividad como se ve en la tabla 34. Se encontraron actividades donde el encargado realizaba de 1 a 2 posiciones críticas, por lo tanto en la tabla se puede encontrar una actividad evaluada 2 veces como pos 1 o pos 2, en este caso, se seguirá la recomendación de la puntuación final más elevada.

Tabla 33: Ficha Carga Física 1

Actividad:	Medición Ovalamiento
Frecuencia:	2 veces hora
Postura crítica:	De pie con hombros subidos



Análisis RULA:

Puntuacion A, miembros superiores, actividad muscular: 0

Puntuacion del Brazo	4 + 1 = 5	(Flexion 90°) + (hombros elevados)
Puntuacion Antebrazo	2 + 1 = 3	(Flexión < 60° ó > 100°) + (proyección o cruzamiento)
Puntuacion de Muñeca	3 + 1 = 4	(Flexion o extension mayor de 15°) + (desvío radial o cubital)
Giro de la muñeca	1	(Pronacion o supinacion en rango medio)

Puntuacion B, cuello, tronco, piernas, actividad muscular: 0

Puntuacion del cuello	2 + 1 = 3	(flexion entre 10° y 20°) + (rotación , inclinación lateral)
Puntuacion del tronco	3 + 1 = 4	(flexion entre 20 y 60) + (inclinacin lateral tronco)
Puntuacion piernas	1	(Peso simetricamente distribuido)

Brazo	Ante brazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
		1		1		1		1	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9
Puntuacion global para miembros grupo A									

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
Puntuacion global para miembros grupo B												

		Puntuación D						
Puntuación C		1	2	3	4	5	6	7+
1		1	2	3	3	4	5	5
2		2	2	3	4	4	5	5
3		3	3	3	4	4	5	6
4		3	3	3	4	5	6	6
5		4	4	4	5	6	7	7
6		4	4	5	6	6	7	7
7		5	5	6	6	7	7	7
8		5	5	6	7	7	7	7
Puntuación final								

Tabla 34: Puntuaciones finales por actividad

Actividad		Actividad		Actividad	
Medición ovalamiento		Medición de Diámetro Pos 1		Medición de Diámetro Pos 2	
					
Puntuación	7	Puntuación	6	Puntuación	7
Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea		Se requiere el rediseño de la tarea.		Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea	
Actividad		Actividad		Actividad	
Medición Espesores Pos 1		Medición Espesores Pos 2		Medición Calibrador	
					
Puntuación	7	Puntuación	7	Puntuación	6
Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea		Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea		Se requiere el rediseño de la tarea.	
Actividad		Actividad		Actividad	
Actualizar sistema Productivo		Adecuar datos del rotulado		Medición con ultrasonido	
					
Puntuación	4	Puntuación	4	Puntuación	4
Pueden requerirse cambios en la tarea		Pueden requerirse cambios en la tarea		Pueden requerirse cambios en la tarea	

Actividad		Actividad		Actividad	
Medición instalación del Cabezal		Corte probeta en producción de rollos		Desplazamiento con probeta	
					
Puntuación	6	Puntuación	6	Puntuación	4
Se requiere el rediseño de la tarea.		Se requiere el rediseño de la tarea.		Pueden requerirse cambios en la tarea	

3.5.3. Carga Mental. Para la evaluación de la carga mental se resume el estudio en una serie de cuadros adaptados del método. En estos se marcan los ítems que van condicionando el trabajo que realiza el encargado desde el punto laboral y social.

Debido a que las actividades que realiza en el puesto y la línea involucra el uso de herramientas de precisión, el nivel de concentración debe ser mantenido el tiempo que dura la actividad. Las actividades que realiza en la línea requieren un nivel de atención alto, ya que durante los desplazamientos realiza la inspección de la línea o el corte de las probetas.

La tabla 35 recopila los resultados del nivel de atención evaluado por actividad y la tabla 36 recopila los resultados sobre la presión del tiempo dentro de su jornada de trabajo, su salario, pausas y el tipo de trabajo.

Tabla 35: Nivel de Atención

ATENCIÓN	Nivel de atención requerido es				Nivel de atención debe ser mantenido (min)				La falta de atención puede acarrear			Frecuencia que sufre estos riesgos			Posibilidad técnica de hablar			Tiempo (Seg) que puede apartar la vista			
ACTIVIDAD	Débil	Med.	Elevado	Alto	< 10	10 < 20	20 < 40	40 <	Acc. Ligeros	Acc. Serios	Acc. graves	Rara	Intermitentes	Permanentes	ninguna	Poca	Amplia	> 15	10 < 15	5 < 10	< 5
Med. Ovalamiento			X		X				X				X			X					X
Medición Diámetro			X		X				X				X			X					X
Medición Espesores			X		X				X				X			X					X
Medición Calibrador			X		X				X				X			X					X
Actualizar Sistema			X			X			X				X				X				X
Adecuar datos rotulo			X			X			X				X			X					X
Medición Ultrasonido			X		X					X			X			X					X
Medición Cabezal			X		X					X			X			X					X
Corte probeta rollo				X	X					X			X			X					X
Desplaza PT y LAB			X		X					X			X			X					X

Tabla36: Presión de Tiempos

Presión de tiempos, Global												
El trabajo es		Modo remuneración trabajador			Puede realizar pausas?			El trabajo es en cadena?		Se deben recuperar retrasos?		
Repetitivo	No Repetitivo	Salario fijo	Salario por hora	Salario por producto	Individual más de 1 en 1/2 jornada	1 en 1/2 jornada	Sin pausas	Si	No	No	Durante las pausas	Durante el trabajo
	X	X			X			X				X

El tipo de trabajo no es repetitivo, es continuo y en cadena, por lo tanto ha de aplicarse el formato para trabajo no repetido que suministra el método. La tabla 37 es la recopilación de los resultados arrojados usando este formato.

Tabla 37: Trabajo no repetitivo

Trabajo no repetitivo																	
El # de máquinas o variables que debe atender es					El # medio de señales por máquina y hora es			Intervenciones diferentes que el trabajador debe realizar					Duración total en minutos del conjunto de intervenciones por cada hora de trabajo				
1, 2 ó 3	4, 5 ó 6	7, 8 ó 9	10, 11, ó 12	más de 12	0 a 3	4 a 5	6 o mas	de 1 a 2	de 3 a 5	de 6 a 8	de 9 a 10	10 o mas	< 15	15 a < 30	30 a < 45	45 a < 55	55 <
				X			X			X				X			
En caso de incidente o fallo técnico puede parar la máquina?				Tiene posibilidad de ausentarse temporalmente del PT fuera de las pausas previstas?					Si tiene posibilidad de ausentarse								
									Tiene necesidad de hacerse reemplazar				Su ausencia provocaría				
SI, Si el incidente es grave	NO. Debe actuar de forma rápida o informar a su jefe.				SI	NO				SI		NO	Sin consecuencia en la producción		Riesgo de atrasos		
X					X					X					X		

La tabla 38 recopila el nivel de influencia y control que tiene el encargado sobre la producción. Esta tabla reafirma los resultados obtenidos con el análisis de métodos y tiempos, donde los diagramas de flujo muestran cuales serían las consecuencias del producto si la experiencia del encargado es limitada.

Tabla 38. Influencia en la producción

Modifica el orden de sus actividades/ tareas		Controla el ritmo de sus actividades/ tareas		Controla las piezas que realiza		Realiza retoques eventuales		Norma de calidad del producto	
SI	NO	Depende cadena o maquina	Posibilidad de adelantarse	SI	NO	SI	NO	Muy estricta definida por Servicio Especializado	Márgenes de tolerancia explícitos
X		X		X		X			X

Influencia del trabajador en la calidad del producto	Ninguna		Posibilidad de cometer errores	Total imposibilidad	
	Débil, el sistema técnico controla la calidad, sólo puede reglar mejor las máquinas o mediciones.			Posibles, pero sin repercusión anterior o posterior	
	Sensible: importa la habilidad y experiencia del trabajador	X		Posibles con repercusión media	
	Total			Posibles con repercusión importante (producto irrecuperable)	X

En caso de producirse un incidente debe intervenir	Incidente menor: El Encargado de Línea		La regulación de la máquina es realizada por	El Encargado de Línea	X
	Incidente mayor: Otra persona			Otra persona	
	No importa incidente: Encargado de Línea	X			

En la tabla 39 se analizó el nivel sicosocial del encargado como el apoyo que puede tener de los demás trabajadores y la necesidad del intercambio verbal. La tabla es una adaptación del formato que recomiendaa el método.

Tabla 39: Comunicación con los demás trabajadores

Personas visibles por ausentarse de su puesto	6	SI	N O	Normativa sobre derecho hablar			Posibilidad técnica de hablar en PT			Necesidad de intercambio verbal			Expresión obrera organizada			
				Prohibición práctica de	Tolerancia de algunas	Ninguna	Ninguna	Intercambio de palabras	Amplia posibilidad	Ninguna necesidad	Poco frecuente	frecuente	No hay delegado sindical	Delegado poco activo	Delegados medianamente	Delegados muy
		X				X			X			X	X			

Las órdenes de producción las recibe el encargado por medio de un proceso de empalme con el encargado que finaliza el turno si se está produciendo una referencia muy larga, ya que hay órdenes de producción que pueden durar semanas. Las extrusoras solo paran para las actividades del cambio de referencia y color, lo que indica el inicio una nueva orden de producción que llega a través del correo interno al computador del puesto. El encargado debe de revisar continuamente el computador ya que las consignas de su agenda de trabajo las prepara el jefe de producción el día antes.

Debido a las mismas dimensiones de la planta industrial, la comunicación con el mando es poca. La tabla 40 resume el nivel de mando.

Tabla40. Relación con el mando

Frecuencia de las consignas recibidas del mando en la jornada			Amplitud del encuadramiento en primera línea (# de trabajadores dependientes en primer nivel de mando)				Intensidad control jerárquico, (alejamiento temporal y/o físico del mando)			Dependencia de puestos de categoría superior no jerárquica				
variables	y	comienzo de la consignas de trabajo	<10	Entre 11 y 20	Entre 21 y 40	>40	proximidad	to	mediano mando durante	ncia de	varios	ncia de	un solo	independi
	X		X					X			X			

La formación a encargado de línea sigue un proceso jerárquico. El encargado llega a la empresa siendo un operario o técnico que progresivamente aprende el proceso de extrusión y la realización de diferentes tareas asociadas a la línea, como el bobinado de tubería, conocer los sistemas que componen la línea y su funcionamiento, conocer las referencias que se producen, la materia prima, aprender a medir con los instrumentos que se utilizan en el puesto trabajo móvil. Después de 6 meses de trabajo y de acuerdo a su nivel de aprendizaje, presenta pruebas internas que le permiten ascender de operario 1 a 2 o 3, ejecutando actividades más complejas que requieren un alto grado de seguridad y dificultad, como el cambio de referencia y el cambio de color. Según su rendimiento y después de dos años de trabajo ya se le capacita como encargado de línea, y comienza a producir referencias pequeñas, donde la pérdida de material no es tan marcada como en referencias grandes. Los encargados más experimentados tienen más de 10 años en la empresa y a ellos se les asigna la línea de extrusión E1 por ser la línea más grande y más compleja. La tabla 41 resume su estatus social.

Tabla 41: Estatus laboral

Duración del aprendizaje del trabajador en el puesto							Formación general del trabajador requerida				
< 1 h	< 1 día	2 a 6 días	7 a 14 días	15 a 30 días	1 a 3 meses	>= 3 meses	Ninguna	Saber leer y escribir	Formación en la empresa (menos de 3 meses)	Formación en la empresa (más de 3 meses)	Formación Profesional o Bachillerato
					X					X	

En cuanto al tiempo de trabajo, el encargado trabaja normalmente las 8 horas reglamentarias, pero si es necesario realizar horas extras, estas se negocian con el jefe de producción según la urgencia o si se necesita un reemplazo. De no tener un fundamento válido, el encargado no puede negarse a trabajar tiempo extra si así lo requiere la empresa. La tabla 42 compila los tiempos de trabajo con relación a las horas extras, los turnos, y la duración semanal de horas.

Tabla 42: Tiempos de Trabajo

Duración semanal en horas del tiempo de trabajo				Tipo de horario del trabajador				Con relación a las horas extraordinarias el trabajador tiene				Los retrasos horarios son		
35 a <41	41 a <44	44 a <46	>=46	Normal	2 X 8	3 X 8	Non-stop	Imposibilidad de rechazo	Posibilidad parcial de rechazo	Posibilidad total de rechazo		Imposibles	Poco tolerados	Tolerados
			X			X		X					X	
Con relación a las pausas				Con relación a la hora de finalizar la jornada				Con relación al tiempo de descanso						
duración y tiempo de las pausas	Possible fijar el momento	Possible fijar momento y duración		cesar el trabajo sólo a la hora prevista	acabar antes el trabajo pero obligado	permanecer en el		acabar antes y abandonar el lugar de trabajo	descanso en caso de incidente en otro puesto	descanso de media hora o mejor tiempo de				
		X		X						X				

3.5.4. Puntos de mejora

Entorno Físico

- La zona donde el puesto se encuentra ubicado actualmente presenta un alto índice de ruido y temperatura debido a su cercanía con puntos críticos de emisión recopilados en la tabla 43. Es necesario establecer con las directivas de la empresa si es viable la reubicación del puesto.

Tabla 43. Zonas Críticas, Entorno Físico

Puntos críticos de Ruido	Puntos Críticos de calor
Zona de Silos	Silos y Tolvas
Cuarto de Maquinas	Extrusora
Botador, (Ruido de Impacto tubería)	Cabezal de Extrusión
Cortadora	Cuarto de Maquinas

- La iluminancia en la zona del puesto está por debajo de los 1500 luxes como mínimo requisito necesario para las actividades de medición (esta por 800 luxes). Las lámparas están colocadas sobre las líneas de Extrusión, cada 6 metros aproximadamente, los puestos de trabajo reciben la luz indirecta de las lámparas. Si no es posible la instalación de una luminaria encima del puesto, es necesario incluirla en el puesto.
- En toda la planta el calor se siente desde las 11:00 am hasta las 3:00. En un día muy soleado, la planta actúa como un invernadero debido a su teja de zinc que se recalienta. No hay un sistema de refrigeración o ventilación que recircule el aire. En relación al puesto este no se puede encerrar y aislarlo ambientalmente; esto traería repercusiones con las actividades y con la inspección del encargado por la línea de Extrusión. Se propone integrar ventilación al puesto.

Carga Física

Para todas las actividades de medición en el puesto se consideran los siguientes puntos:

- Bajar la altura de la superficie de trabajo.
- Establecer los límites de la superficie de trabajo con respeto al alcance del encargado.
- Limitar el diámetro y peso de tubería para el cual es permisible la medición manual.
- Permitir el acceso inmediato del computador para cualquier actividad de medición.
- Usar el sistema de medición de ovalamiento como soporte para la realización de todas las mediciones

- Normalizar las actividades por medio de una guía o manual de uso.
- Establecer la altura de la silla y del suelo con respecto a la altura de la superficie de trabajo, tanto para actividades de pie como sentado.

Para corrección postural la tabla y mejoramiento de actividades en la línea la tabla 44 establece los puntos a tratar:

Tabla 44: Puntos de mejora postural de actividades

Actividad	Actividad	Actividad
Medición ovalamiento	Medición de Diámetro	Medición Espesores
Eliminar la elevación de hombros. Evitar la proyección y entrecruzamiento de brazo y antebrazo a rango alto	Disminuir la inclinación del cuello a un rango aceptable. Disminuir la flexión y extensión de la muñeca	Eliminar elevación de hombros. Disminuir las posturas inadecuadas a medir con el micrometro. Evitar en lo posible la inclinación elevada del cuello e inclinaciones del tronco.
Actividad	Actividad	Actividad
Medición Calibrador	Actualizar sistema Productivo	Adecuar dados del rotulado
Llevar la inclinación del cuello a límites aceptables Eliminar la elevación de hombros Llevar el desvío radial de la muñeca a límites permisibles	Eliminar la tensión que se genera en los hombros debido a la altura de la superficie de trabajo. Evitar la inclinación del cuello mientras se pasan los datos de la planilla al sistema.	Transferir esta actividad en la línea de extrusión en el sector del rotulador. Por recomendación del jefe los elementos del rotulado deben estar en un estante en este sector.
Actividad	Actividad	Actividad
Medición con ultrasonido	Medición instalación del cabezal	Corte probeta en producción de rollos
Eliminar la inclinación del cuello Como actividad que se realiza en la	Corregir o disminuir las posturas inadecuadas.	Reducir el tiempo que dura el encargado inclinado y con los brazos estirados.

Actividad	Actividad	Actividad
línea debe ser de pie.	Como actividad de calibración que se ejecuta en la línea y debido al espacio que se dispone debe ser de pie.	Reemplazar el cortatubo actual, tiene la cuchilla desafilada y se encuentra defectuoso.
Actividad		
Desplazamiento con probeta al Puesto y al Laboratorio		
Incluir un carro que ayude a transportar las probetas de gran diámetro, y de esta forma eliminar los esfuerzos musculares que genera el desplazamiento.		

Carga mental

- El nivel de atención para todas las actividades de medición es elevado y deber ser mantenido durante la ejecución de las mismas, para optimizar este aspecto es necesario mejorar la condiciones posturales para las actividades que lo requieran.
- Como el número de señales de la línea de extrusión que debe ser atendido por el encargado es elevado, el puesto de trabajo debe de estar ubicado de tal forma que permita el mayor ángulo de visión a la línea de extrusión si no se incorporan nuevas tecnologías que permitan la inspección desde un medio estático.
- Debido al largo mismo de las líneas y lejanía entre encargado y operario, de ser posible implementar un sistema de comunicación inalámbrica entre los dos trabajadores y sus puestos de trabajo.

3.6. ESTUDIO ANTROPOMETRICO

Una base de datos establecida de las dimensiones antropométricas de los Operarios de planta permite conocer cuáles son los límites a los se puede llevar un diseño teniendo en cuenta sus dimensiones y alcances máximos y mínimos. Ya este diseño sea un nuevo puesto de trabajo, un puesto de etiquetado, o hasta el diseño de un simple banco de trabajo temporal, es necesario establecer qué dimensiones tendrá este con respecto a las dimensiones del usuario que trabajara o utilizara el puesto.

3.6.1. Proceso de Captura. Cada turno en las líneas de extrusión está conformado por 4 encargados de línea y 8 operarios, teniéndose un total de 12 trabajadores por turno. Si se tiene que cuenta que se manejan tres turnos, el número de trabajadores de planta para desarrollo del estudio: $12 \times 3 = 36$.

Para un mejor cálculo del promedio dimensional también se plantea medir otros trabajadores de planta encargados de áreas como etiquetado o almacén, llegándose a un total de **45** trabajadores.

Para el proceso de captura se elabora la tabla 45 que recoge los datos básicos del trabajador para su registro, así como su altura.

Tabla 45: Formato Antropometría Operarios Planta Extrucol

ANTROPOMETRIA OPERARIOS PLANTA EXTRUCOL													
	NOMBRE	EDAD	PESO (Kg)	ALTU (cm)	CONSTITUCIÓN FISICA						Reg. fotografico		
					OBESO	SOBREP ES	MUSCUL OS	ATLETIC O	NORMAL	DELGAD O	FRONT	PERFIL	
1	Edinson Duarte	41	70	170					X		X	X	TURNO MAÑANA
2	Roman Villamizar Rojas	36	62	170					X		X	X	
3	Gonzalo Contreras Mantilla	24	102	182			X				X	X	
4	Josue Martinez	23	83	172					X		X	X	
5	Jose Luis Blanco	23	91	179		X					X	X	
6	Luis Carlos Jacome	21	73	171					X		X	X	
7	William Jose Camacho	32	95	184					X		X	X	
8	Fernando Buitrago	21	60	170						X	X	X	
9	Gustavo Andres Hernandez	24	75	182					X		X	X	
10	Joshuan Aldruth Gomez	20	84	183					X		X	X	
11	Juan Carlos Chinchilla	21	70	174					X		X	X	
12	William Rueda	19	65	170					X		X	X	
13	Cesar Rojas	22	61	180						X	X	X	ETIQUETADO
14	Felipe Andres Espinoza	22	75	182					X		X	X	
15	Reinaldo Olave Contreras	19	63	168					X		X	X	STPostventa
16	Ruben Antonio Guarin	24	69	168					X		X	X	
17	Mauricio Santander	24	61	173						X	X	X	ALMACEN
18	Javier Cardenas	35	77	183						X	X	X	
19	Manuel Mariño	22	84	186					X		X	X	
20	Lusbin Florez Cruz	57	79	164					X		X	X	MANTENIMIENTO
21	Wilson Plata Rueda	34	71	175					X		X	X	
22	Carlos Educardo Mantilla	22	74	170					X		X	X	
23	Simon Solano	33	73	167					X		X	X	
24	Camilo Becerra	19	62	166					X		X	X	LAB
25	Nelson Mauricio Sanchez	42	68	170					X		X	X	
26	Said Fernando Sierra	33	80	172					X		X	X	
27	Milan Andrid Valdes	31	77	182					X		X	X	
28	Ivan Javier Meneses	34	114	180		X					X	X	TURNO TARDE
29	Jairo Paez	34	80	178					X		X	X	
30	Francisco Javier Alarcon	37	72	168					X		X	X	
31	Julio Pabon	41	90	189					X		X	X	
32	Jorge Luis Martinez	22	63	173						X	X	X	
33	Daniel Pizza	27	65	169					X		X	X	
34	Jose Ivan Monsalve	23	68	173					X		X	X	
35	Edwin Javier Duran	22	103	175		X					X	X	
36	Jose Julian Muños	20	69	177					X		X	X	
37	Sergio Andres Reyes	20	68	172					X		X	X	
38	Eber Espinoza	28	94	172		X					X	X	
39	Jorge Cadena	19	68	168					X		X	X	NOCHE
40	Andres Gutierrez Gomes	21	66	174					X		X	X	
41	Orlando Olave Martinez	22	60	168					X		X	X	
42	Omar Camilo Ortiz	22	63	168					X		X	X	
43	Diego Fernando Molina	19	66	170					X		X	X	
44	Henry Humberto Pinto	22	68	173					X		X	X	
45	Alvaro Lozano	22	80	173					X		X	X	

Para la toma de fotografías se usó una cámara canon EOS rebel II TX que puede ser configurada para minimizar el ángulo de perspectiva al tomar la foto. Se establecen las siguientes indicaciones que se ilustran en la figura 51.

- El trabajador se debe parar derecho, con ojos mirando al horizonte, brazos extendidos hacia abajo a lado y lado de la cadera, piernas juntas. (Figura 51a)
- El trabajador debe estar con su uniforme, con la camisa por dentro del pantalón y botas de trabajo.²
- No debe forzar su posición erguida, es necesario que se capture tal cuál es su forma normal de pararse y permanecer en esta posición.

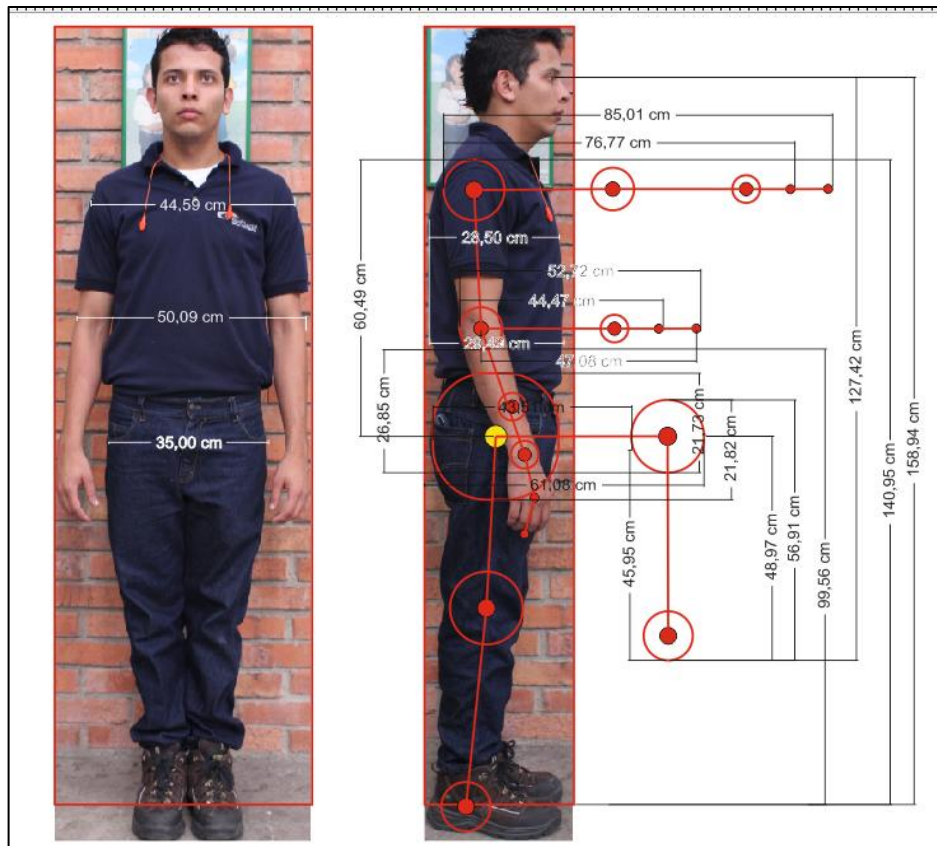
² (...)Si las mediciones se efectúan con objetivos muy específicos y sobre una persona, o un grupo o una pequeña población, es recomendable efectuar las mediciones con la ropa y el calzado propios de la actividad que se desempeña. Incluso existen situaciones en las que se imponen las mediciones con ropas especiales de obligada utilización, hasta con equipos como, por ejemplo, trajes con escafandras, guantes y botas, balones de oxígeno a la espalda, cascos, portaherramientas, orejeras, gafas, etc. (*Extracto del libro Ergonomía 3: diseño de puestos de trabajo, Pedro R. Mondelo - Enrique Gregori Joan Blasco - Pedro Barrau*)

Figura 51: Diego Fernando Molina, a) de frente – b) de perfil



3.6.2. Obtención de Datos. Se exportan la imágenes al programa Corel Draw, donde se corrigen aspectos de distancia axonometría y se establece la forma como serán dimensionados los operarios, teniendo como parámetro la altura, se escala la imagen y se pueden definir las demás medidas como se muestra en la figura 52. Para más detalles, en el anexo *F) Antropometría* puede encontrar información del estudio.

Figura 52: Fotogrametría a Operario Diego Fernando Molina



Después de establecer los puntos de medición estos se unen a través de líneas conectoras, de esta forma se pueden girar estos puntos desde sus centros de rotación simulando el movimiento real del cuerpo, por lo que es posible mover miembros superiores en inferiores y así poder tomar las distancias citadas.

Una vez obtenida las mediciones se procede a realizar una base de datos de los mismos (Tabla 46). Por medio de esta base de datos se puede calcular la media y la desviación estándar de cada dimensión tomada para todos los operarios.

Tabla 46: Media y desviación estándar (DE)

DIM	MEDIA	DE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45				
PIE																																																			
Estatura	174,24	5,851	170	170	182	172	179	171	184	180	182	170	182	183	174	168	173	183	186	164	170	175	170	167	168	170	172	182	180	178	168	189	173	169	173	175	177	172	172	168	174	168	168	170	173	173	174				
OSpie	162,95	5,977	159	159	171	161	167	161	172	170	173	158	170	171	163	155	162	172	173	154	157	166	158	156	157	159	160	171	168	166	158	181	161	156	160	164	163	160	162	158	161	158	156	159	162	162	164				
HSpie	146,23	6,354	142	142	156	146	151	145	154	154	142	155	156	143	139	146	152	157	135	143	146	141	139	139	142	145	156	154	149	141	163	146	140	144	147	150	143	145	140	144	143	138	141	144	147	150					
CSpie	106,14	6,69	104	101	113	104	110	109	110	113	114	106	113	113	103	102	107	109	133	95	104	103	98	102	101	102	107	114	109	104	97	119	108	100	104	107	111	102	107	100	104	99	99	100	100	107	112				
AmaxBa	74,671	3,878	71	73	81	72	73	70	74	75	76	70	76	78	73	69	73	80	79	72	80	73	72	79	73	71	79	82	78	76	85	69	71	74	81	75	73	70	70	75	73	76	77	78	77	71					
AmaxB	81,102	8,439	79	80	92	80	82	78	82	83	83	78	84	85	81	76	81	89	89	79	81	90	83	79	72	80	88	90	87	88	90	79	79	84	72	84	80	78	79	34	80	82	83	85	85	80					
AminBa	44,442	4,16	46	41	49	42	43	42	41	43	45	43	42	46	41	49	43	56	45	40	42	47	43	44	51	43	45	46	51	43	43	62	40	41	44	43	45	41	42	40	45	44	44	42	45	46					
AminB	51,473	3,333	54	50	60	51	52	50	51	51	53	51	50	55	49	42	51	46	55	48	50	56	51	51	43	51	54	55	58	51	54	51	49	49	54	52	54	48	50	49	53	51	51	53	50	55	55				
PP	27,849	2,798	28	26	34	27	30	26	32	24	30	26	25	28	26	24	27	26	29	30	27	28	26	21	30	30	28	34	29	30	33	26	24	25	33	27	27	30	27	26	27	28	29	25	31	32					
PA	30,864	2,513	29	31	34	34	30	33	28	32	28	27	31	29	28	30	30	32	33	30	32	32	31	26	32	33	30	38	32	33	38	30	28	34	28	28	33	29	30	28	29	30	30	33	31						
AC	39,802	2,665	40	39	40	40	41	38	42	37	38	38	39	43	38	38	40	48	39	39	45	41	41	40	41	40	42	46	42	43	45	37	39	37	44	37	38	41	38	36	37	38	35	37	40	40					
HH	47,92	3,022	45	44	50	50	52	46	51	46	47	46	47	52	49	48	43	52	51	45	43	51	48	49	43	48	52	50	54	52	51	56	48	47	46	51	45	46	47	45	49	44	46	45	46	46	47				
CC	55,513	4,459	54	54	62	58	60	54	63	49	51	51	54	61	51	54	50	58	57	53	52	56	59	56	50	58	60	57	64	61	60	65	56	56	53	60	51	48	64	54	55	48	51	50	55	55	53				
SENTADO																																																			
OSent	128,56	4,537	119	129	134	127	132	127	131	135	136	125	132	133	128	125	126	133	135	119	126	132	126	124	127	128	133	129	131	125	145	130	124	126	132	129	129	126	128	127	124	127	129	125	127						
HASent	63,148	8,913	69	64	64	60	61	57	60	62	117	58	65	67	57	52	59	61	64	55	65	66	60	59	60	63	66	64	67	61	73	67	55	63	63	63	60	62	63	59	60	61	63	61	62						
MAsent	21,587	0,959	22	22	21	21	20	21	20	21	21	21	21	22	21	22	23	22	22	22	22	22	22	21	22	21	22	21	22	20	23	22	21	21	23	22	19	22	21	22	22	22	22	22	20						
MSsent	57,856	2,89	58	55	64	59	62	62	62	62	62	59	58	59	55	57	60	60	56	54	55	57	57	54	55	54	62	58	58	55	63	56	61	56	60	61	57	60	53	56	54	54	57	56	57	58					
RSsent	50,253	3,275	53	47	56	52	56	54	54	54	54	51	51	51	51	46	49	52	52	48	46	47	49	49	46	48	46	54	50	47	55	59	53	49	52	53	49	52	45	48	46	49	48	49	47						
AP	46,256	2,778	42	44	52	47	52	50	49	50	51	47	47	47	48	42	46	50	49	45	43	44	45	43	44	43	43	50	47	46	44	50	44	48	44	48	49	46	49	42	46	43	43	46	45	46	45				
CAsent	21,18	2,454	20	25	20	19	20	18	23	23	22	21	24	24	16	20	21	18	21	22	22	21	17	21	22	22	22	20	19	20	17	28	20	16	23	23	24	22	22	22	22	20	25	18	24	23					
SPsent	46,825	3,109	50	43	50	48	51	48	56	47	51	45	47	49	46	47	48	51	53	46	44	46	44	45	44	45	49	54	46	44	51	45	45	43	48	47	43	46	45	43	44	44	45	48	45						
SRsent	61,869	2,781	60	59	66	63	64	63	68	62	65	60	63	64	62	62	64	66	69	61	59	62	61	59	60	60	60	64	69	61	60	66	59	59	58	63	62	58	62	61	59	59	61	60	63	62					
CM	46,054	3,622	50	45	51	46	46	44	46	46	48	47	46	49	45	45	47	51	50	43	46	51	45	46	45	46	49	50	52	42	47	56	37	44	48	49	48	44	44	43	36	46	45	47	45	40	40				

Tabla elaborada por el autor

Figura 53: Distribución normal

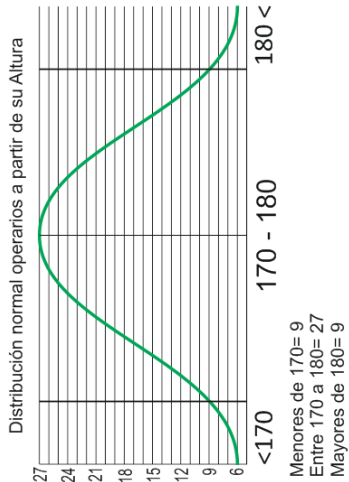


Gráfico elaborado por el autor

Se identifica una desviación estándar menor a 10 cm en todas la mediciones, siendo la mayor el alcance máximo del brazo sin agarre (Amaxb). También se establece el valor promedio de todas las dimensiones (Media).

Para saber qué dimensiones son las más necesarias, aplicar el principio de diseño es necesario para establecer la cantidad de personas que comparten una constante dimensional general, en este caso la altura, teniéndose que, de los 45 trabajadores medidos, 27 están entre una altura de 170 a 180 cm. (figura 53)

Por lo tanto se debe de hacer un cálculo de la media para los 27 trabajadores, y de esta calcular la desviación estándar para los extremos. (Tabla 47)

Tabla 46: Calculo de la Desviación estándar para la media, trabajadores entre 170cm y 180cm de altura.

DIM	MEDIA	DE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
PIE																													
Estatura	173,11	3,292	170	170	172	179	171	180	170	174	170	173	173	170	175	170	167	173	170	172	180	178	174	173	175	177	172	172	174
OSpie	161,73	3,34	159	159	161	167	161	170	158	163	159	162	162	157	166	158	156	162	159	160	168	166	164	160	164	163	160	162	161
HSpie	145,29	3,79	142	142	146	151	145	154	142	143	141	146	144	143	146	141	139	147	142	145	154	149	150	144	147	150	143	145	144
CSpie	105,14	3,764	104	101	104	110	109	113	106	103	100	107	100	104	103	98	102	107	102	107	109	104	112	104	107	111	102	107	104
AmaxBa	73,996	3,34	71	73	72	73	70	75	70	73	77	73	78	72	80	73	72	77	73	71	82	78	71	74	81	75	73	70	75
AmaxB	79,785	9,784	79	80	80	82	78	83	78	81	83	81	85	81	90	83	79	85	80	80	90	87	80	84	72	84	80	78	34
AminBa	43,593	2,144	46	41	42	43	42	43	43	41	44	43	42	42	47	43	44	45	43	45	51	43	46	44	43	45	41	42	45
AminB	51,989	2,267	54	50	51	52	50	51	51	49	53	51	50	50	56	51	51	55	51	54	58	51	55	54	52	54	48	50	53
PP	27,881	2,513	28	26	27	30	26	24	26	26	29	27	25	27	28	28	26	31	30	30	34	29	32	25	33	27	27	30	26
PA	31,018	2,363	29	31	34	34	30	28	28	29	30	30	30	30	32	32	31	33	32	33	38	32	31	28	34	28	28	33	30
AC	39,537	2,533	40	39	40	41	38	37	38	38	35	38	37	39	45	41	41	40	41	40	46	42	40	37	44	37	38	41	36
HH	47,604	2,844	45	44	50	52	46	46	46	49	45	43	46	43	51	48	49	46	48	52	54	52	47	46	51	45	46	47	49
CC	55,17	4,367	54	54	58	60	54	49	51	51	50	50	55	52	56	59	56	55	58	60	64	61	53	53	60	51	48	64	55
SENTADO																													
OSsent	127,83	3,015	119	129	127	132	127	135	125	128	127	126	129	126	132	126	126	125	127	128	129	131	127	126	132	129	129	129	128
HAsent	62,113	2,92	69	64	60	61	57	62	58	57	61	59	63	65	66	60	59	61	63	66	64	67	62	63	63	63	63	60	63
MAsent	21,574	1,088	22	22	21	20	21	21	21	21	22	23	22	22	22	22	21	22	22	21	25	22	20	21	23	22	19	22	22
MSsent	57,694	2,315	58	55	59	62	62	62	59	59	57	57	56	54	55	57	57	57	55	54	58	58	58	56	60	61	57	60	56
RSsent	49,877	2,522	53	47	52	56	54	54	51	51	49	49	48	46	47	49	49	49	48	46	50	50	47	49	52	53	49	52	48
AP	46,052	2,386	42	44	47	52	50	50	47	48	46	46	45	43	44	45	45	46	44	43	47	46	45	44	48	49	46	49	46
CAsent	21,256	2,28	20	25	19	20	18	23	21	16	25	21	18	22	21	17	21	24	22	22	19	20	23	23	23	24	22	22	22
SPsent	46,161	2,604	50	43	48	51	48	47	45	46	44	48	45	44	46	46	44	48	44	45	54	46	45	43	48	47	43	46	43
SRsent	61,311	2,28	60	59	63	64	63	62	60	62	61	64	60	59	62	61	59	63	60	60	69	61	62	58	63	62	58	62	59
CM	45,57	3,347	50	45	46	46	44	46	47	45	47	47	45	46	51	45	46	40	46	49	52	42	40	48	49	48	44	44	36

Trabajadores entre 167 a 183 estarían muy cerca de este promedio, quedando solo los extremos a analizar para saber qué principio de diseño aplicar. (tabla 48)

Tabla 47: Cálculo de la media para los Extremos

DIM	MEDIA	DE	MAX	MIN
PIE				
Estatura	176,5	12,5	164	189
OSpie	167,5	13,5	154	181
HSpie	149	14	135	163
CSpie	107	12	95	119
AmaxBa	78,5	6,5	72	85
AmaxB	84,5	5,5	79	90
AminBa	50,9	10,9	40	61,8
AminB	49,55	1,55	48	51,1
PP	31,05	1,55	29,5	32,6
PA	35,1	2,6	32,5	37,7
AC	41,6	2,9	38,7	44,5
HH	50,15	5,55	44,6	55,7
CC	58,85	5,65	53,2	64,5
SENTADO				
OSsent	132,05	12,95	119,1	145
HAsent	63,6	9	54,6	72,6
MAsent	22,25	0,25	22	22,5
MSsent	59,3	3,5	55,8	62,8
RSsent	51,5	3,3	48,2	54,8
AP	47,7	2,3	45,4	50
CAsent	25	3	22	28
SPsent	48,55	2,85	45,7	51,4
SRsent	63,35	2,55	60,8	65,9
CM	49,55	6,15	43,4	55,7

El promedio en los extremos resulta ser falso, ya que la variación estándar es muy alta para medidas muy importantes, variando de -13.5 a +13.5 en la altura ojos suelo de pie **OSpie**. Por lo tanto a la hora de diseñar el PT, se tendrá en cuenta el promedio para la mayoría de trabajadores, con un intervalo ajustable para los extremos, ya sea graduando la altura de la superficie de trabajo o la altura de la silla, o de ser necesario incluir un apoya pies integrado al puesto.

Principios de diseño a aplicar:

Principio de diseño para el promedio.

Principio de diseño para un intervalo ajustable

3.6.3. Creación del Avatar. Se definen los valores para el diseño del puesto según el principio de diseño para el promedio y principio de diseño para los extremos, obteniéndose así tres avatares, uno para el promedio (figura 54), uno para el extremo bajo (figura 55) y uno para el extremo Alto (figura 56).

Figura 53: Medidas de Avatar para el Promedio

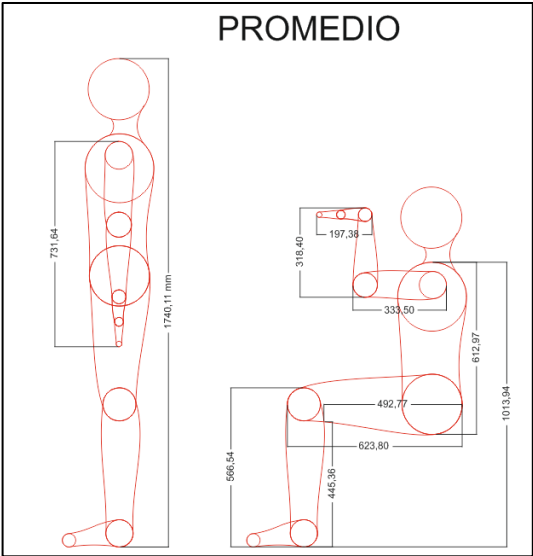


Figura 54: Medidas de Avatar para el Extremo Bajo

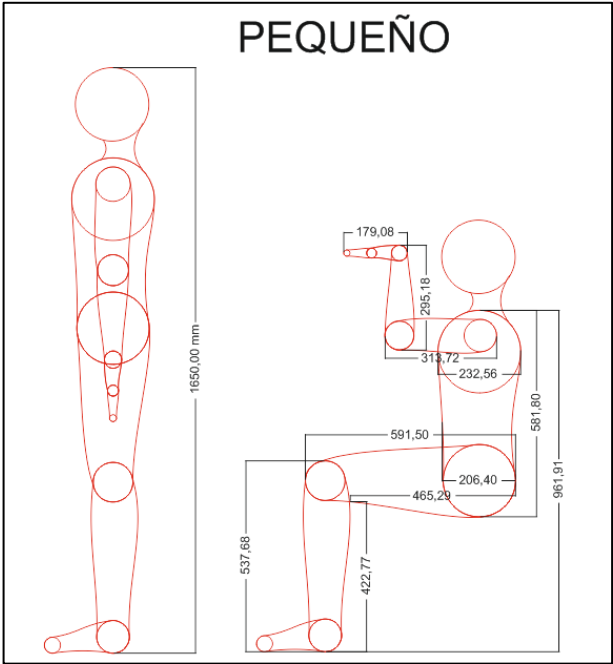
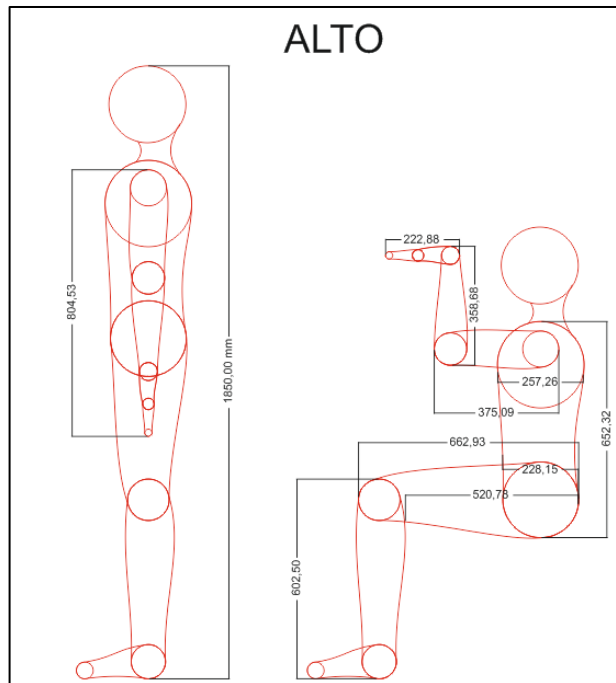


Figura 55: Medidas de Avatar para el Extremo Alto



3.7. REQUERIMIENTOS

3.7.1. Valoración de Requerimientos. Los requerimientos se agruparan por el método de estudio asociado y por medio del QFD se establecerá el nivel de afinidad e importancia.

En la tabla 49 se establecen los requerimientos más importantes del estudio de métodos y tiempos.

Tabla 48: QFD Métodos y tiempos vs Heurísticas / AMFE

		HEURISTICA																		AMFE	VALORACIO	
		ACCESIBILIDAD								AUTOM	LEGIBILIDAD					CONSISTENCIA				E1	N Heuristica	
HEURISTICA		VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Indicacion Apoyapiés	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correcion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa
AMFE																						
METODOS																						
Metodos y tiempos	Establecer Secuencia Optima de Actividades	5	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	660	4,4%
	Definir que medios son del puesto y cuales no	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	9	9	9	9	0	255	1,7%
	Permitir opciones de expacion tecnologica	3	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	9	81	0,5%
	Mejorar las conciones del area de trabajo	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	36	0,2%
	Optimizar el Dezpazamiento	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%

En la tabla 50 se establecen los requerimientos más importantes del estudio del entorno físico.

Tabla 49: QFD Entorno físico vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																AMFE	VALORACIO			
			ACCESIBILIDAD								AUTOM	LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica		
HEURISTICA			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Incitacion Apoyapiés	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correcion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa
AMFE																							
METODOS																							
LEST	Entorno Físico	Integrar sistema de Ventilacion	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	9	192	1,3%
		Integrar Luminancia	4	0	0	0	0	3	3	0	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	9	276	1,8%
		Reubicar Puesto de Trabajo	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	9	378	2,5%

De la tabla 51 a la 56 se establecen los requerimientos más importantes de la carga física por actividad.

Tabla 50. QFD Medición de Ovalamiento vs Heurísticas / AMFE

				HEURISTICA																AMFE	VALORACIO				
				ACCESIBILIDAD								AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica		
HEURISTICA AMFE METODOS				VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Indicacion Apoyapiés	Indíces de Herramientas Ubicacion	Asiento	Indicacion Conexiones eléctricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correcion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa	
LEST	Carga Fisica RULA	Medicion Ovalamiento	Bajar altura Superficie de trabajo	4	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	360	2,4%	
			Limitar Diametro Tuberia a Medir	4	3	0	0	9	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	120	0,8%	
			Integrar Computador con Actividad	5	9	9	9	9	3	3	9	3	3	9	9	9	3	9	9	9	9	0	615	4,1%	
			Ejecutar esta actividad en Posicion Sedente	5	9	0	0	0	0	0	9	3	0	3	0	9	3	9	9	3	9	0	330	2,2%	
			Controlar colocacion del tubo en instrumento	5	0	0	0	9	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	9	9	9	3	0	180	1,2%
			Eliminar carga de Tuberia de Grandes	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	36	0,2%	
			Evitar Proyeccion y entrecruce de brazo y Reducir elevacion de hombros	5	0	0	0	9	3	3	3	3	0	0	3	3	0	3	3	3	3	0	195	1,3%	
				5	3	3	3	9	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	210	1,4%	

Tabla 51. QFD Medición diámetro vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																			AMFE	VALORACION	
			ACCESIBILIDAD								AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica		
HEURISTICA AMFE METODOS			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Indicacion Apoyapies	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Caracteristicas del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correcion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa	
			Integrar con yunque de Medicion Ovalamiento	4	3	3	0	9	9	9	9	9	3	0	9	3	0	3	3	3	3	0	312	2,1%
			Disminuir La inclinacion del cuello	5	3	3	3	3	9	3	9	9	3	0	9	3	0	9	9	9	9	0	465	3,1%
			Disminir la Flexion y extension de la muñeca	5	3	3	3	3	9	9	9	9	3	0	3	3	0	9	9	9	9	0	465	3,1%
			Eliminar posicion sedente inadecuada	5	9	0	0	0	9	9	9	3	3	9	3	3	3	9	9	3	3	0	420	2,8%
			Adecuar Espacio en Puesto para su	5	9	3	0	0	9	9	0	9	3	3	9	3	0	0	9	3	3	0	360	2,4%

Tabla 52. QFD Medición de Espesores vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																AMFE	VALORACIO					
			ACCESIBILIDAD						AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica					
HEURISTICA AMFE METODOS			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Incicacion Apoyapias	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion	Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correccion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa	
			4	3	9	0	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	264	1,8%
			5	9	3	0	3	9	9	9	9	9	3	3	3	3	0	9	9	3	3	0	435	2,9%	
			5	9	3	0	9	9	9	9	9	9	3	3	9	3	0	9	9	3	3	0	495	3,3%	
			5	9	3	0	3	9	9	9	9	9	3	3	9	3	0	3	9	3	3	0	435	2,9%	
			5	9	3	0	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	0	9	9	3	3	0	465	3,1%	

Tabla 53. QFD Medición con calibrador vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																AMFE	VALORACIO				
			ACCESIBILIDAD						AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica				
			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Incicacion Apoyapias	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Caracteristicas del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correccion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa	
METODOS																								
LEST	Carga Fisica RULA	Medicion Diametro Calibrador	Bajar la altura de Superficie de trabajo	4	9	3	0	3	9	9	9	9	3	3	3	3	0	9	3	3	3	0	324	2,1%
			Mejor apoyo para la medicion.	4	9	9	0	3	3	3	9	9	3	3	3	3	3	9	9	3	3	0	336	2,2%
			Adecuar Espacio en el puesto para su ejecucion	5	9	3	0	0	9	9	9	9	3	3	9	9	0	3	9	3	3	0	450	3,0%
			Llevar inclinacion de Cuello a limites	5	9	0	0	0	9	9	9	9	3	3	3	3	0	9	9	0	0	0	375	2,5%
			Eliminar elevacion de hombros	5	9	3	0	0	3	9	9	9	0	0	9	3	3	3	9	0	0	0	345	2,3%
			Limitar desvio radial de muñeca	5	9	3	0	0	9	9	0	9	0	0	3	0	0	9	9	3	3	0	330	2,2%

Tabla 54: QFD Actualizar sistema productivo vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																	AMFE	VALORACION			
			ACCESIBILIDAD							AUTOM	LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica				
METODOS			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Incicacion Apoyapies	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correccion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa	
LEST	Carga Fisica RULA	Actualizar sistema Productivo (PC)	Definir relacion altura asiento - sup. Trabajo	4	9	9	9	0	0	0	9	0	9	9	0	3	3	9	9	3	3	0	336	2,2%
			Definir distancias perifericos	5	9	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	150	1,0%
			Definir espacio de documentacion	4	0	3	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	9	3	3	0	156	1,0%
			Reducir tension en tronco y hombros al digitar	5	9	9	9	0	0	0	9	0	3	3	0	0	0	3	9	3	3	0	300	2,0%
			Limitar inclinacion prolongada de cuello	5	9	9	9	0	0	0	9	0	3	3	0	3	9	0	0	0	0	0	270	1,8%
			Mejorar la posicion sedente	5	9	9	3	0	0	0	9	0	0	3	0	9	3	9	3	3	3	0	315	2,1%

Tabla 55: QFD Actividades línea E1 vs Heurísticas / AMFE

METODOS			HEURISTICA		AMFE		HEURISTICA																	AMFE	VALORACION	
							ACCESIBILIDAD							AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica	
							Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Indicacion Apoyapiés	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Características del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correccion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa
LEST	Carga Fisica RULA	Actividades linea E1	Mejorar sistema medicion ultrasonido	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%			
			Mejorar posturas medicion cabezal	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%			
			Optimizar metodo corte manual de Probeta	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%			
			Reducir - optimizar desplazamientos	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%			
			Incorporar sistemas de medicion en la linea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%			

En la tabla 57 se establecen los requerimientos más importantes de la carga mental.

Tabla 56: QFD Carga mental vs Heurísticas / AMFE

			HEURISTICA																		AMFE	VALORACIO			
			ACCESIBILIDAD								AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1	N Heuristica			
			VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Incicacion Apoyapiques	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Caracteristicas del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoeficie	Correcion fallos Linea Extrusion	Importancia Absoluta	Importancia Relativa		
HEURISTICA AMFE METODOS																									
LEST	Carga Mental	Mejorar nivel atencion en actividades Medicion	5	9	0	0	9	9	9	3	9	3	0	9	3	0	3	3	3	3	0	375	2,5%		
		Generar orden de medios en el puesto	5	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	9	3	3	9	9	0	465	3,1%		
		Incorporar nuevas tecnologias de medicion	4	0	0	0	3	3	3	0	3	0	0	3	0	3	0	9	0	0	9	144	1,0%		
		Mejorar comunicacion entre PT y PTM	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	0,2%		

En las tabla 58 se establecen los requerimientos más importantes del estudio antropométrico.

Tabla 57: QFD Antropometría vs Heurísticas / AMFE

				HEURISTICA																AMFE	VALORACIO				
				ACCESIBILIDAD								AUTOM		LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				AMFE	VALORACIO		
				VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elementos Oficina	Acceso Medidor Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Inicicacion Apoyapiques	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Caracteristicas del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoeficie	Correcion fallos Linea Extrusion	E1	Importancia Absoluta	Importancia Relativa
METODOS																									
ANTROPOMETRIA	Definir dimensiones para posturas sentado	4	9	3	3	0	9	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	9	9	3	3	0	360	2,4%	
	Definir dimensiones para posturas de pie	4	0	0	0	9	3	3	0	3	0	0	3	0	0	0	9	9	3	3	0	180	1,2%		
	Definir Area optima de la superficie de trabajo	4	0	9	9	9	9	9	9	9	9	3	3	3	0	3	0	9	0	0	0	336	2,2%		
	Establecer la Altura optima del puesto y silla	4	9	9	9	9	9	9	9	9	3	0	0	0	3	3	9	9	3	3	0	384	2,5%		
	libre desarrollo de actividades	4	9	9	9	9	9	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	240	1,6%		
	Definir el area de transito	4	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	3	3	9	9	0	0	9	180	1,2%		
	Permitir grados posturales seguros	4	9	9	9	9	9	9	9	3	0	0	0	0	0	0	9	9	3	3	0	360	2,4%		
	Definir angulos de vision permisibles al cuello	4	3	3	3	3	3	3	0	9	0	0	0	0	0	0	3	9	0	0	9	192	1,3%		

Por medio del QFD también se determinó el nivel de importancia que tienen las heurísticas con respecto a las metodologías. La tabla 59 muestra el resultado de la valoración.

Tabla 58: QFD Antropometría vs Heurísticas / AMFE

		HEURISTICA																	AMFE		
		ACCESIBILIDAD						AUTOM	LEGIBILIDAD				CONSISTENCIA				E1				
METODOS	HEURISTICA	VALOR DESEMPEÑO	Acceso Pos Sedente	Alcance Teclado - Mouse	Alcance telefono - elements Oficina	Acceso Medidor	Ovalamiento	Acceso Herramientas Med. Manual	Ubicación Herramientas Med. Manual	Sentarse	Uso de Herramientas Medicion	Indicacion del cajon	Indicacion Apoyapias	Indices de Herramientas	Interpretacion Ubicacion Asiento	Indicacion Conexiones electricas	Caracteristicas del asiento	Dimensiones del escritorio	Material estructura	Material Suoerficie	Correcion fallos Linea Extrusion
	AMFE																				
	DIFICULTAD ORGANIZACIONAL		4	3	4	3	4	3	2	2	2	2	1	4	2	3	4	2	2	4	
	VALORACION Metodologica		10,0%																		
	8,0%																				
	6,0%																				
	4,0%																				
	2,0%																				
	0,0%																				
	importancia absoluta		1215	831	600	855	1104	1035	1191	1077	543	555	813	663	450	1077	1335	639	639	486	
importancia relativa	8,0%	5,5%	4,0%	5,7%	7,3%	6,9%	7,9%	7,1%	3,6%	3,7%	5,4%	4,4%	3,0%	7,1%	8,8%	4,2%	4,2%	3,2%			

Deduciendo el grafico la variable con más valoración es la que se refiere a las dimensiones del escritorio, un principio de consistencia. Si el proceso de diseño parte atacando esta variable se estarían tomando en cuenta un gran número de requerimientos los cuales dependen de ella. Por ejemplo, para establecer las dimensiones de la superficie de trabajo es necesario tomar como recurso los datos antropométricos para establecer los alcances, es necesario definir la secuencia de las actividades que se realizan con sus posturas y los medios de trabajo que son parte del puesto.

Otras variables a tener en cuenta son aquellas que contienen todos los requerimientos que involucran posición sedente. El sentarse correctamente y el alcance a los medios de trabajo en esta posición.

3.7.2. Limitaciones y alcances. Estos requerimientos se presentan al jefe de operaciones y la coordinadora SISO, para determinar hasta qué punto puede ser llevado el proceso de diseño, por lo tanto por medio de las recomendaciones del jefe de operaciones se establece:

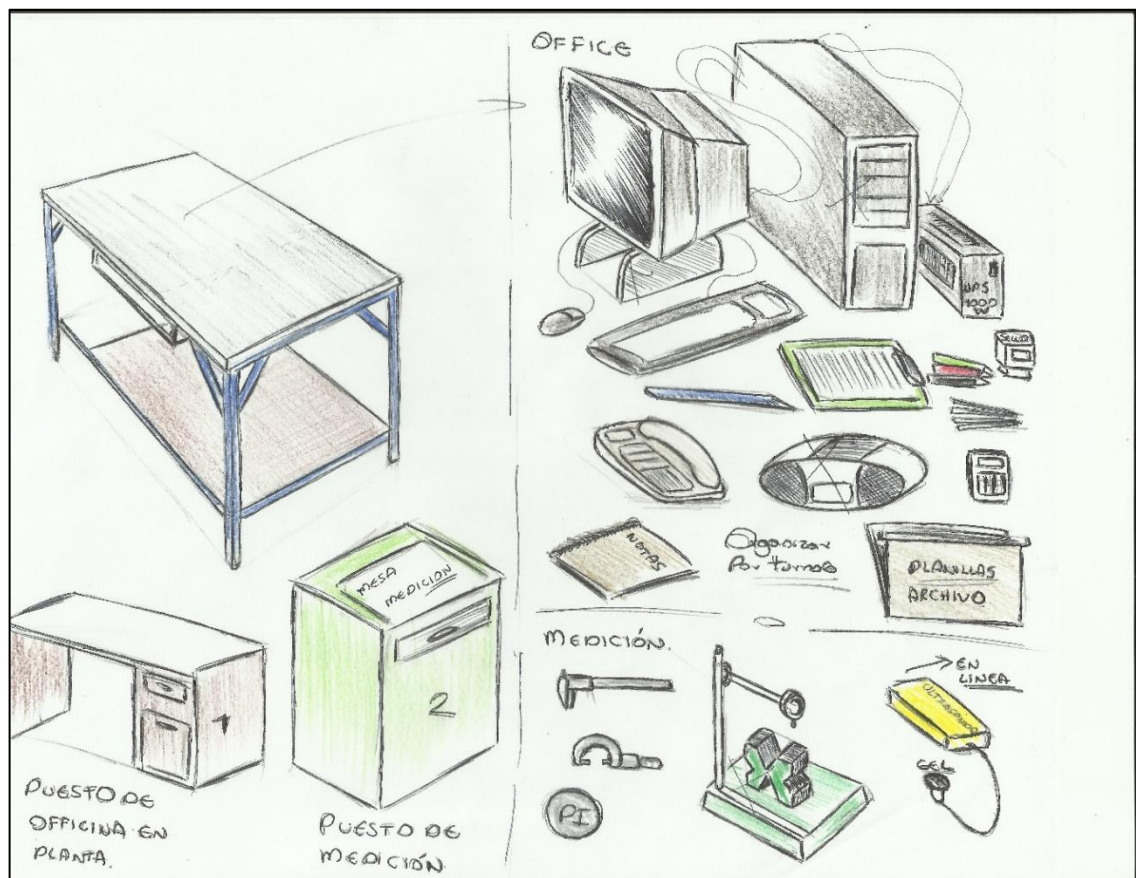
- Centrarse principalmente en los requerimientos que sean intrínsecos a la mejora del puesto de trabajo.
- No se recomienda integrar un sistema de iluminación ni de ventilación en el puesto., que este solo sea para medición y para proceso de digitación de datos. Se establece que los requerimientos del entorno físico deben ser tomados como un proyecto a futuro que involucre a toda la planta industrial, de esta forma se puede mejorar la iluminación y el entorno térmico de la planta en general.
- Los requerimientos que involucran mejoras en la línea de extrusión y de las actividades en esta área son considerados por la coordinación SISO como propuestas de mejora externas al puesto. Se aclara que es necesario mejorar el área de trabajo, pero estas mejoras se harán progresivamente partiendo del rediseño del puesto.
- No es posible reubicar el puesto, se requiere que este se encuentre justo en la zona del tanque de vacío, por ser la zona donde se realiza el proceso de calibración de la tubería. Pero se considera un proyecto a futuro de trasladar el cuarto de máquinas y establecer una bodega aparte para los silos.
- Se establece necesarias las correcciones del método AMFE en la línea de extrusión.

4. FASE CREATIVA

4.1. BOCETACIÓN

4.1.1. Interpretación Gráfica de los Elementos del Puesto. En la figura 57 se establecen los elementos que hace parte del puesto y se dividen en dos grupos, los elementos de oficina y los elementos de medición.

Figura 56: Elementos Propios del puesto

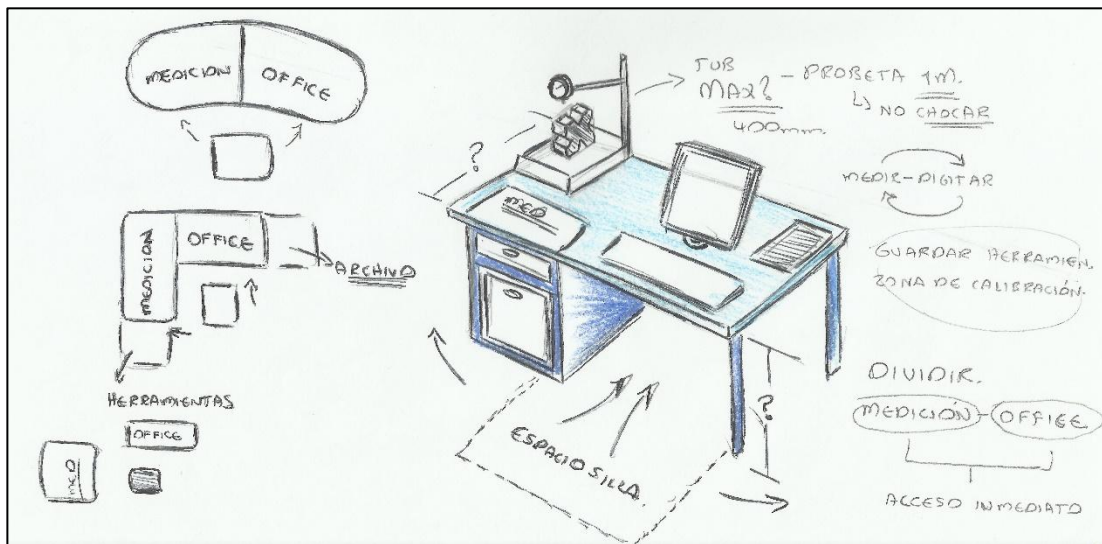


Se incluye la grabadora, pero esta es excluida ya que se vuelve un elemento más de ruido que afecta al encargado dentro del alto entorno acústico en que se desenvuelve.

Es claro que hay que establecer una división entre los dos entornos de trabajo, pero también es clara su integración debido a la secuencia que realiza el encargado de medir – digitar – medir – digitar, etc, según se vio en el estudio de métodos tiempos.

La figura 58 muestra un análisis del entorno partiendo de un modelo básico y se comienza a analizar cómo integrarlos.

Figura 57: Alternancia entre digitar y medir, boceto de modelo básico



Se establece:

- Máximo diámetro Probeta de tubería a medir en el puesto: 400 mm
- Largo y peso de la probeta: 1m , 20 kg

- Herramienta de medición más difícil de integrar al puesto: El medidor de Ovalamiento
- Integrar “entorno medición” de “entorno oficina” sin sacrificar el acceso

4.1.2. Interpretación Grafica del Entorno. La ubicacion actual del puesto se debe a la necesidad que tiene el encargado de calibrar los dispositivos que estan justo despues de la salida del tanque de vacio.

Por el estudio de metodos y tiempos se vio como es la dinamica de sus actividades en la zona de calibracion de la linea y el puesto, las figura 59 y 60 son bocetos que se realizaron analizando esta necesidad, de aquí salio el grafico que determina los desplazamientos en el estudio de metodo y tiempos (figura 37).

Figura 58: El puesto y la Línea de Extrusión

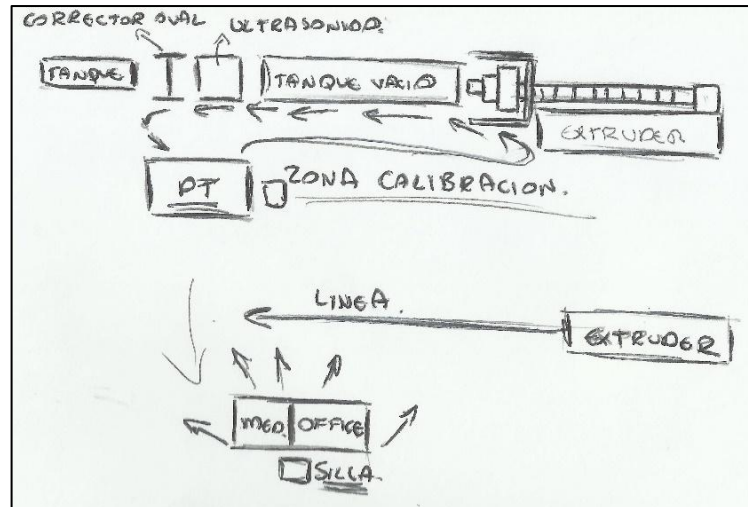
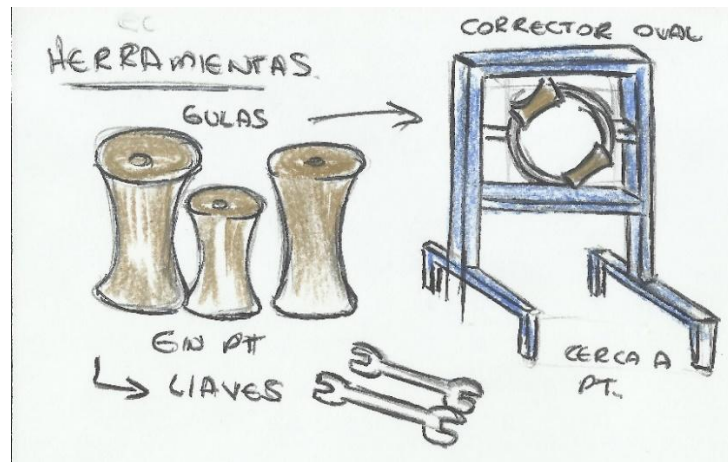


Figura 59: Accesorios más usados por el encargado en la calibración del tubo

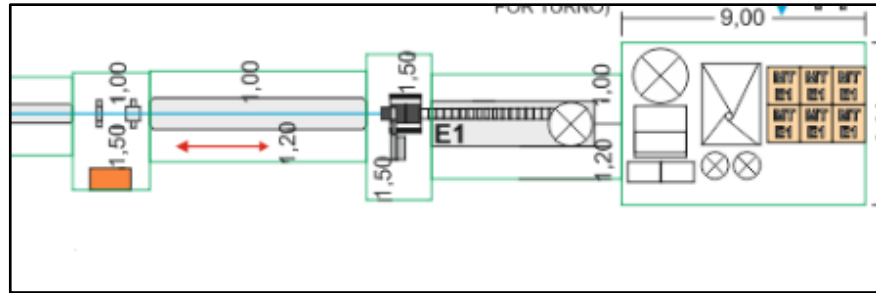


Por la Evaluación Heurística se hace evidente la visibilidad total sobre la línea.

Se definen los siguientes parametros con relacion a la línea:

- El puesto debe permitir que el encargado mire la totalidad de la línea de extrusion
- El puesto debe estar cerca a la zona de calibración de la línea (Extruder, cabezal ,tanque de vacio, ultrasonido y correctores de ovalamiento).
- Los elementos y accesorios de la zona de calibración corresponden a la bodega mantenenimiento, no al puesto.
- Se definen las áreas para el puesto y el transito en la línea de extrusion, estableciendo un espacio de transito de 1.5 metros entre el puesto y la línea. (figura 61).

Figura 60: Distancias entre el puesto y la Línea de extrusión



4.1.3. El Puesto Según el Encargado de Línea. Se realiza una reunión con los encargados y se habla con ellos sobre sus ideas para el puesto de trabajo. Con base a esto se realizaron bocetos siguiendo la técnica del diseño hablado, donde los encargados exponían sus ideas y el practicante de diseño las hacía gráficas. Las figuras 62 y 63 muestran estos bocetos.

Figura 61: Retrato hablado 1 del Puesto según los Encargados de Línea

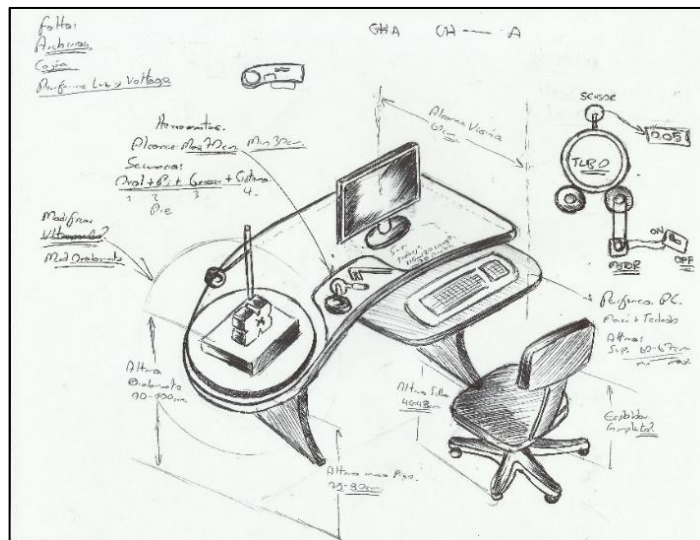
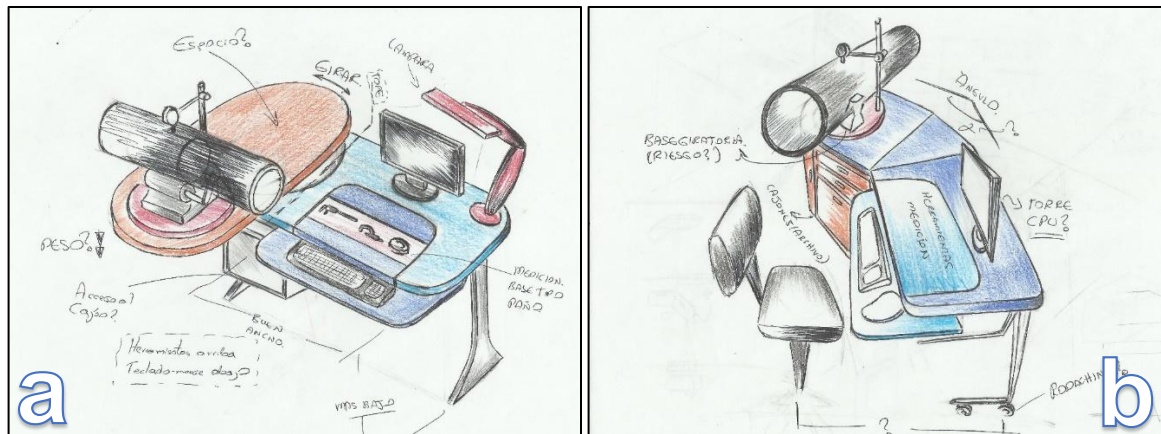


Figura 62: a) Retrato hablado 2 , -b) Retrato hablado 3



De los retratos hablados se considera:

- Los encargados conciben el puesto más como una oficina que como un puesto de trabajo industrial.
- Proponen la probeta sobre una base del medidor de ovalamiento que sea giratoria, que ellos puedan mover según donde se encuentren, de esta opción se dejó claro los riesgos que pueden ocurrir.
- Quieren cambiar el medidor de ovalamiento por un instrumento que permita graduarse según el diámetro de la tubería a medir. Para esta opción se aclara que de cambiarse un instrumento de medición, este debe de certificarse, lo que sería otro proyecto aparte del diseño del puesto.
- En los tres retratos o bocetos hablados los encargados no conciben un espacio para la torre de la CPU ni los periféricos que trae. Del PC consideran el monitor, tipo panel plano, el mouse y el teclado.
- Consideran bajar la altura del puesto, pero esto significaría afectar la visibilidad de la línea, y por encima de esta.
- Proponen un porta teclado que les permita tener las herramientas de medición en el mismo lugar, pero en un nivel superior.

No hay claridad sobre la ubicación de la zona para cajones y archivos, no le dan importancia a esta consideración ya que el papeleo se acostumbra a colocarlo en una carpeta encima de la superficie del puesto

El boceto que más fue aceptado por los encargados fue el número 3.

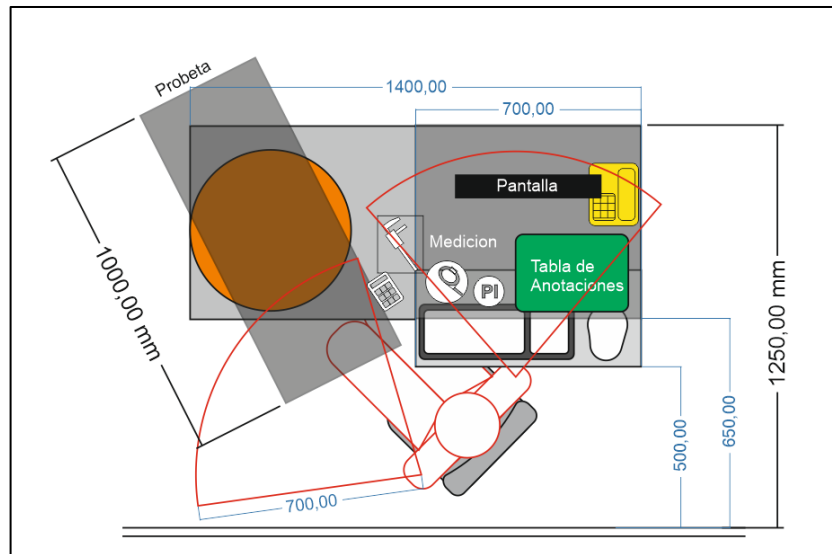
Entre ellos se tiene discrepancia para definir cuál sería la secuencia de medición más apropiada: donde se propone:

- Medición Ovalamiento >> Medición Espesores >> Medición Diámetro >> Pasar datos al sistema.
- Medición Ovalamiento >> Datos al sistema >> medición Espesores >> Datos al sistema >> Medición diámetro >> Datos al sistema.

4.1.4. La superficie de Trabajo. Se define la forma de la superficie de trabajo según parámetros del QFD y antropometría, las dimensiones se toman en escala real para ser más fiable el estudio de la forma.

En la figura 64 se parte de un puesto básico para establecer los alcances y las dimensiones básicas.

Figura 63: Superficie de trabajo, forma básica



En la figura 65a se parte de uno de los bocetos hablados con los encargados, se establece la posición de las herramientas de precisión entre el computador y el medidor de ovalamiento, generando ese espacio, y también esa relación que debe existir entre los dos entornos. Ne la figura 65b se apuesta por una forma más agresiva, pero pierde el interés visual.

Figura 64: a) Superficie de trabajo boceto 1, -b) Superficie de trabajo, boceto 2

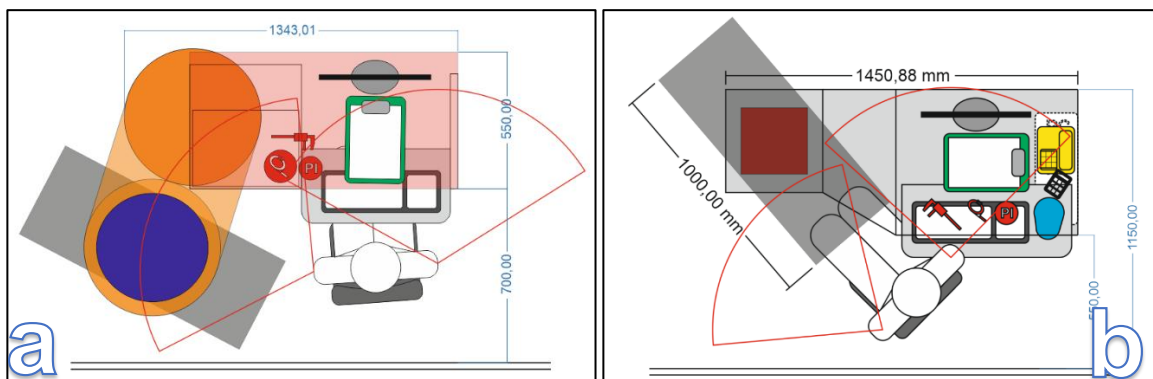
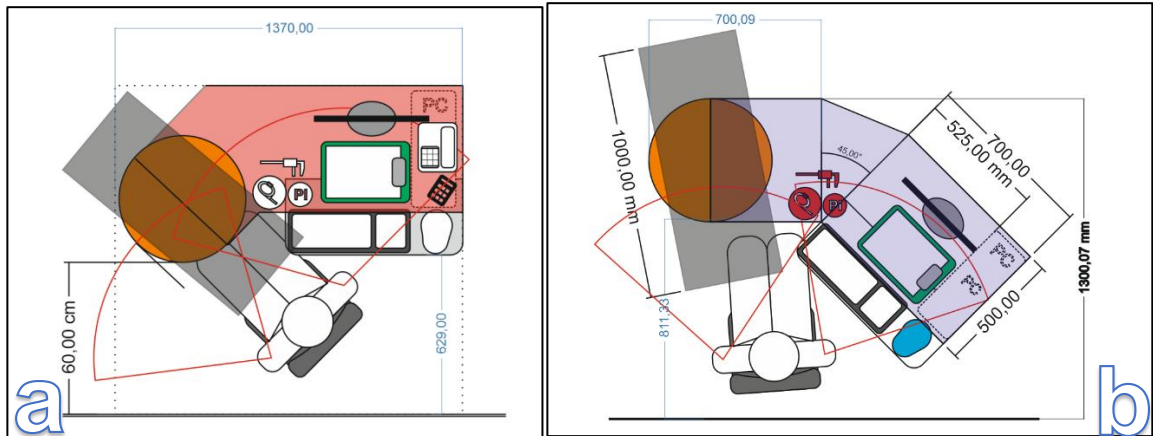


Figura 65: a) Superficie de trabajo, boceto 3, -b) Superficie de trabajo, boceto 4



Tratando de mejorar el giro del torso y mejorando el alcance al PC resulta un ángulo que mejora el acceso a los dos entornos, como se ve en la figura 66a, que establece un punto de división que puede ser identificado fácilmente por el encargado, obligándolo a mantener la posición de los elementos de medición en un lado y los elementos de oficina al otro lado.

Partiendo de este ángulo se busca mejorar el nivel de acceso a los medios, se amplía el área de la superficie de trabajo y se evita que el encargado quede encerrado por el puesto, se estudian las distancias al teclado, al mouse, y a su vez las distancias a las herramientas de precisión y al medidor de ovalamiento, lográndose definir la forma final de la superficie del puesto con sus dimensiones.

4.1.5. La altura del puesto. Se establece las alturas del puesto en posición sedente con base en los tres avatares creados del estudio antropométrico y su relación con la pantalla. Debido a la altura de la línea de extrusión (1, 40 m), para que el encargado pueda mirar por encima de esta, en promedio se debe dejar una altura del puesto mínima de 1 m y adaptarla a los intervalos bajo y alto. También se establecen las alturas con respecto al medidor de ovalamiento.

Figura 66: Definición formal de la altura de trabajo

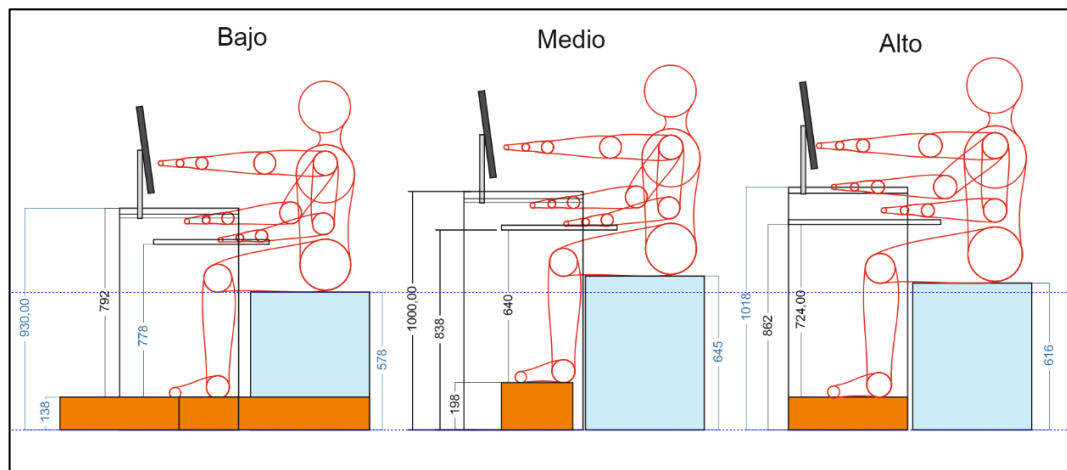
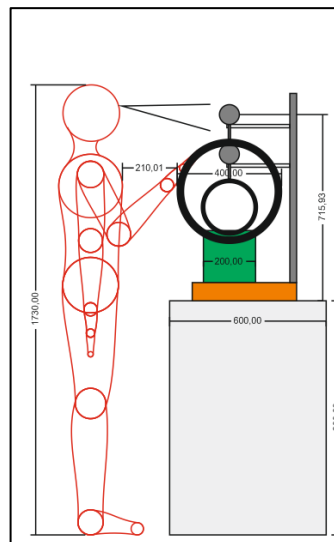


Figura 67: Definición de altura para medición de ovalamiento



Con base en las figuras 67 y 68 se establecen las alturas que debe tener el puesto.

- Altura de la Línea de extrusión: 1.40m
- Adaptar el puesto a esta altura según recomendación del Coordinador.
- Variación de altura entre el intervalo más bajo y el más alto: 35 cm
- El puesto de trabajo deberá de incluir un apoya pies.
- Para minimizar el diferencial de altura ha de ser necesario una silla que tenga un diferencial de aprox. 35cm de altura. La silla actual cumple este requisito.
- Para la medición de Ovalamiento se debe de aumentar la altura que se definió en el estudio antropométrico, de 900mm a 1000 mm.

4.1.6. Estructura. De acuerdo a la forma de la superficie de trabajo se comienza a bocetar la estructura para el puesto, llegándose a dos alternativas, una laminar y otra tubular.

La figuras 69 y 70 muestran el boceto seleccionado del puesto con una estructura laminar.

Figura 68: Boceto de estructura laminar

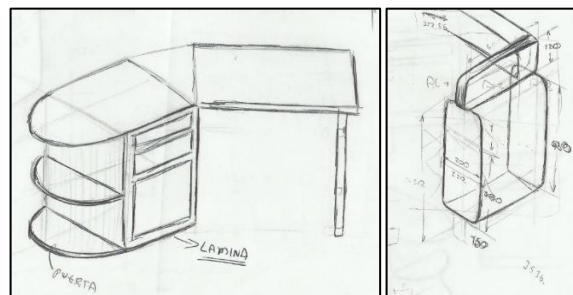
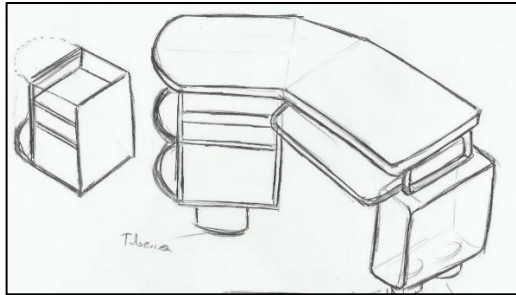


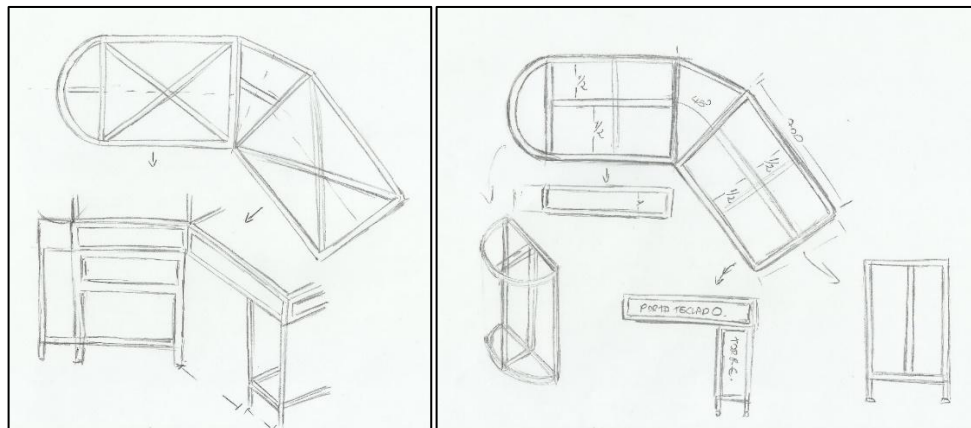
Figura 69: Boceto de estructura laminar para pruebas de Modelado 3D



Después se realiza el boceto con una estructura tubular, que se muestra en la figura 71 a partir de tubería cuadrada.

Para determinar el tipo de estructura se realiza el modelado 3D tanto de la estructura laminar como de la estructura tubular, que se someterán a una simulación de elementos finitos.

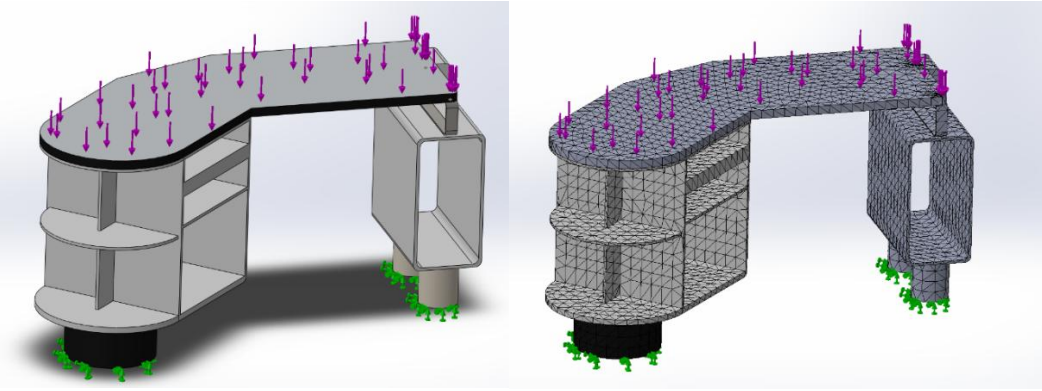
Figura 70: Bocetos de estructura tubular

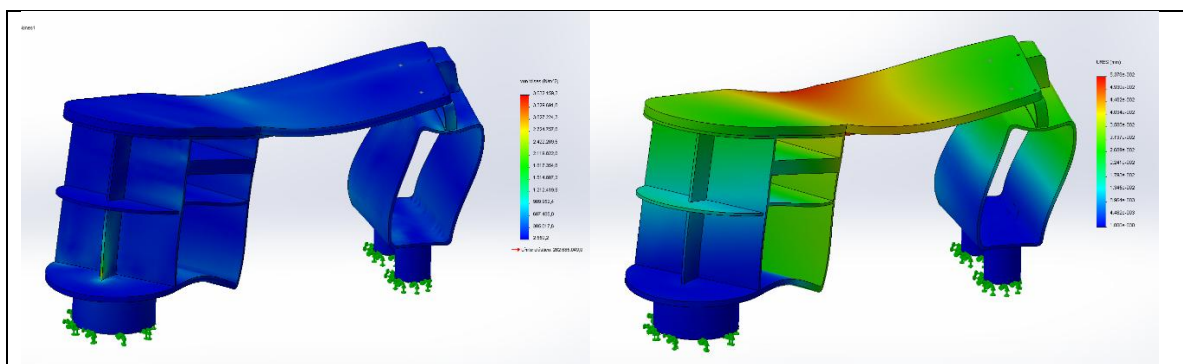


4.2. MODELADO CAD, DISEÑO DETALLADO.

4.2.1. Prueba de Elementos Finitos. Se modela la estructura para posterior evaluación con el programa Solid Works. Se le aplica a cada estructura una fuerza de 250 Kgf, equivalente al peso de más de dos personas en su superficie de trabajo. Las tablas 60 y 61 muestran los resultados de las pruebas y el material asignado en su construcción.

Tabla 59: Prueba de deformación estructura Laminar

Prueba de Deformación Estática	
Modelo	Estructura Laminar
Material superficie	Lamina de fibras de madera de 30 mm de grosor (densidad 750 Kg/cm ³)
Material Gabinete	Lamina de acero AISI 1020 Cold Rolled 2mm
Material Gabinete CPU	Lamina de acero AISI 1020 Cold Rolled 2mm
Patas	HP, polietileno de alta densidad
Fuerza Aplicada a la superficie de trabajo	250 kgf
	



Observaciones:

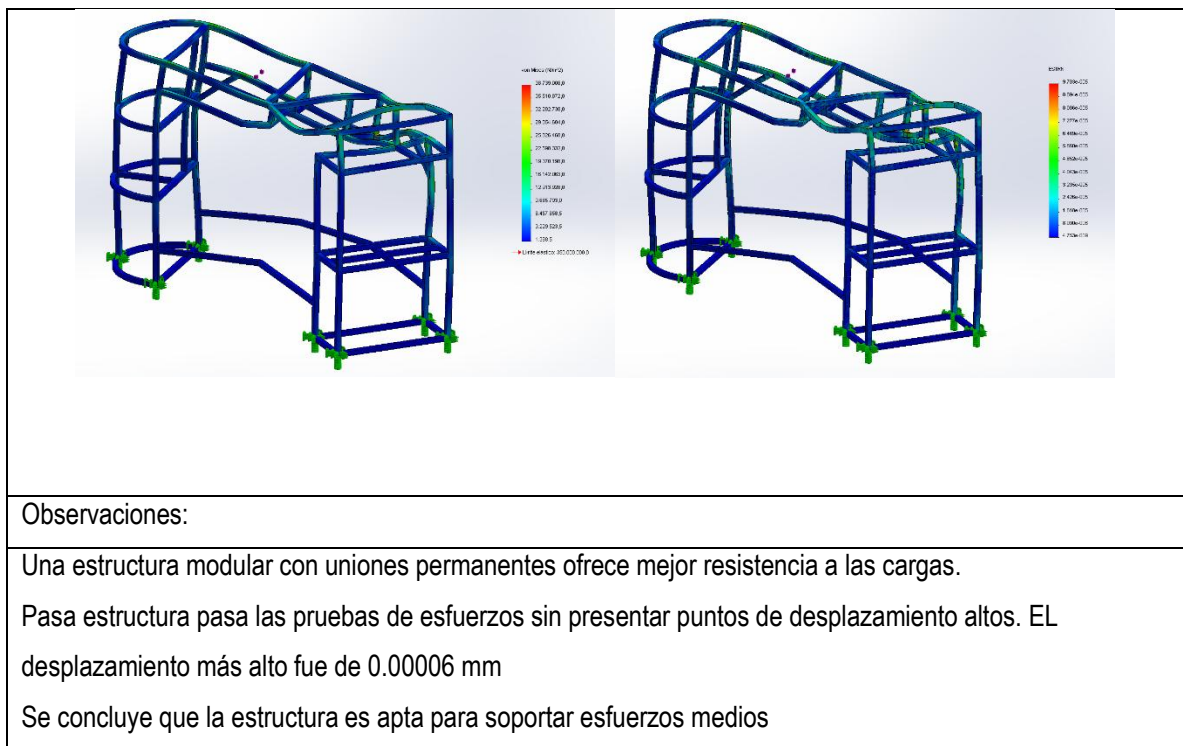
Cuando la estructura está formada por componentes de distinto material que están soportados por uniones no permanentes estos tienden a fallar.

Se detecta un desplazamiento de 5mm en la superficie de trabajo, (color rojo).

Se concluye que la estructura no es apta para soportar esfuerzos medios.

Tabla 60: Prueba de deformación estructura tubular

Prueba de Deformación Estática	
Modelo	Estructura Tubular
Material de estructura	Tubo de 3/4" Acero AISI 1020 Cold Rolled
Fuerza Aplicada a la superficie de trabajo	250 kgf



4.2.2. Modelado Alternativa 1. Se le hacen arreglos correctivos a la estructura y se le integran los elementos que compondrán el puesto. (Figura 72).

Figura 71: a)Render frontal, -b) Render Posterior

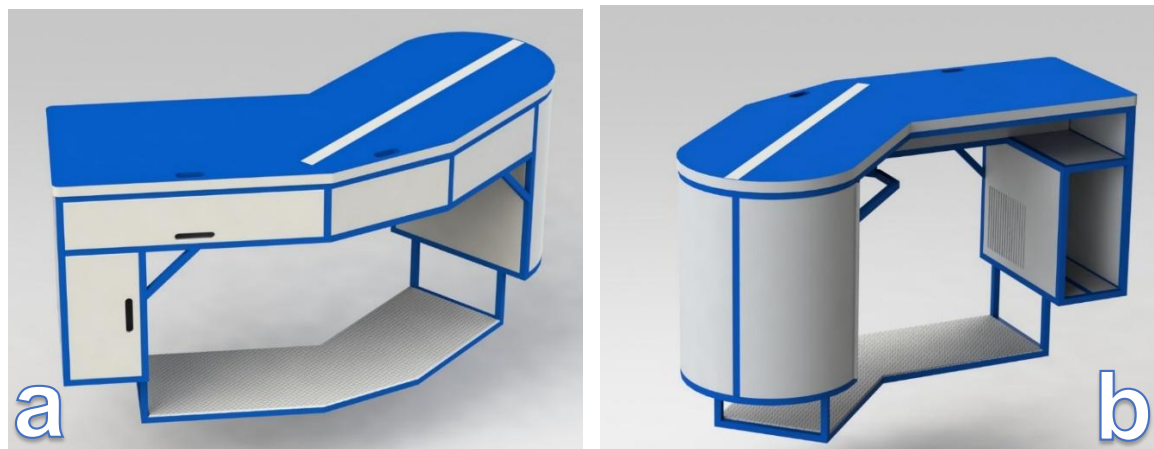


Figura 72: Render terminado 1



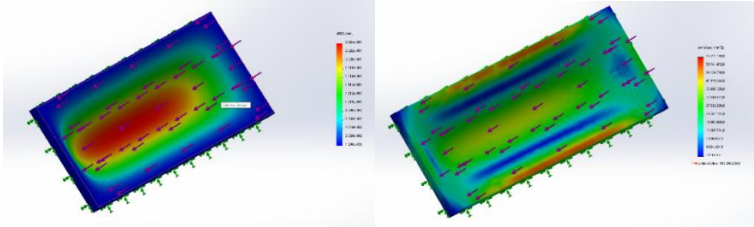
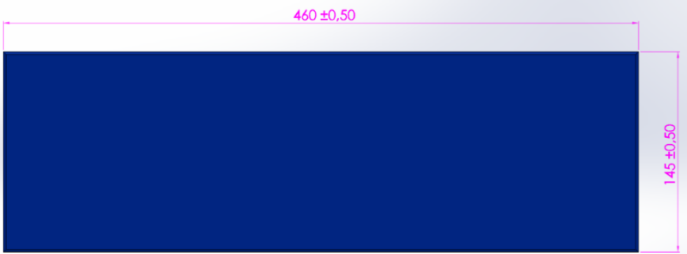
Se hace presentación del modelo preliminar a la junta directiva de Extrucol.

Después de la reunión surgen recomendaciones para cambiar los siguientes aspectos del puesto:

- Eliminar la curvatura para la zona de guardado de guías de la línea, se considera que estos elementos deben de estar en el taller de mantenimiento.
- Guardar simetría del Puesto, convirtiendo la superficie curva en recta para efectos de facilitar su construcción.
- Determinar el área máxima de los paneles para asegurar su resistencia a impactos (una patada o golpe) sin que se aboye la lámina.

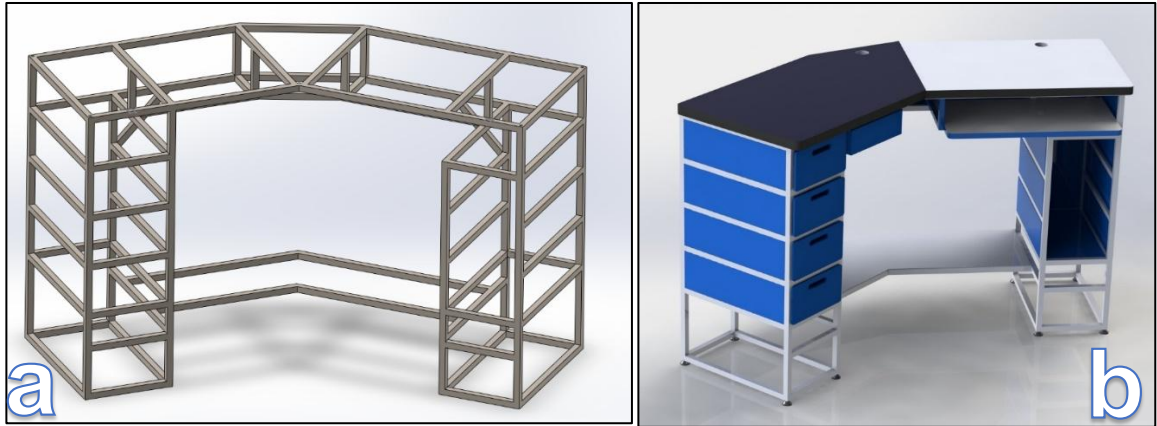
4.2.3. Rediseño de la Estructura. Se realiza una prueba virtual de impacto con uno de los paneles que conforman la estructura del puesto para determinar su área mínima de impacto.

Tabla 61: Prueba de deformación plástica de Panel de Estructura

Prueba de Deformación Plástica	
Modelo	Panel del Puesto de trabajo
Material de estructura	Lamina Acero AISI 1020 Cold Rolled 2mm
Fuerza Aplicada a la superficie	200 kgf
	
Observaciones:	
 Se determina que el área para soportar un golpe o impacto de 200 kgf es de 145mm x 460mm	

A partir de la prueba de impacto se rediseña la estructura y se ensambla los nuevos paneles.

Figura 73: a) Estructura de Puesto de Control, -b) Render Final

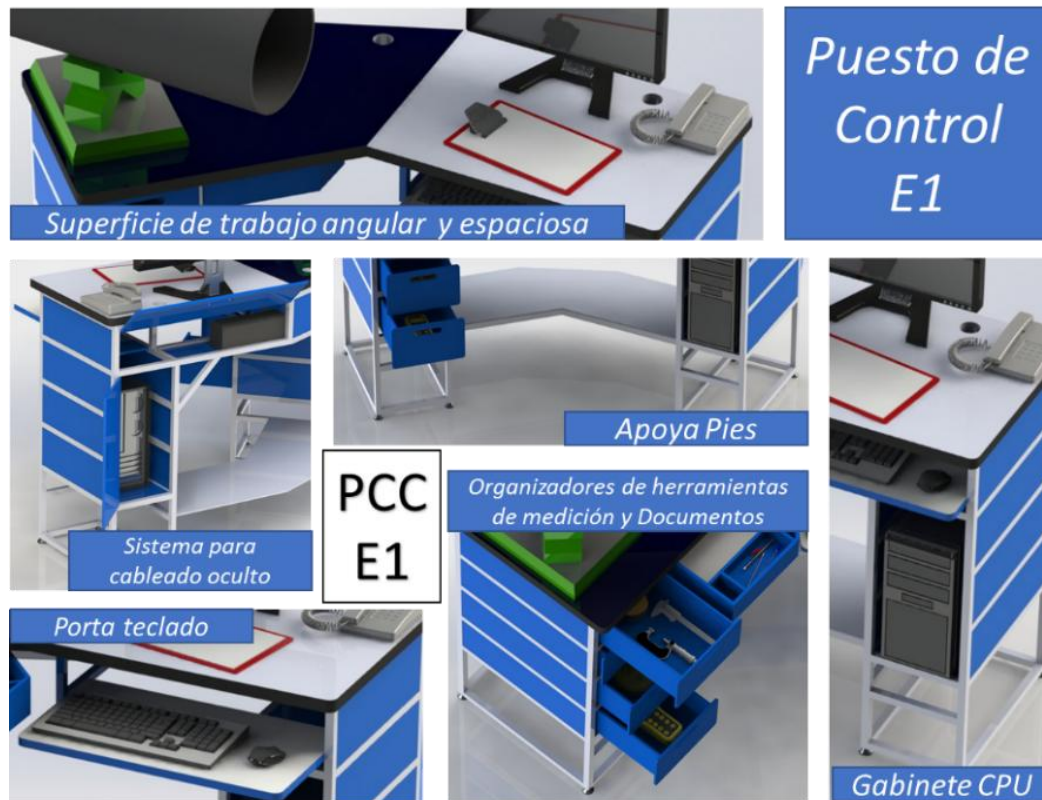


4.2.4. Modelado Alternativa 2. Se modela el render final (figura 75) y se indican las partes que conforman el nuevo puesto de Control de Calidad de la Línea E1. (Figura 76)

Figura 74: Render Final del Puesto de Control con sus elementos



Figura 75: Partes del Puesto de Control



4.3. CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

4.3.1. Aprobación del Prototipo. Se realiza una junta para la Empresa con fecha de donde asisten:

- El Ing. Jorge Eleazar Castellanos, Coordinador del Proyecto y director de operaciones de Extrucol S. A.
- El Ing. Luis Fernando Meza, Director de nuevos negocios.
- La Ing. María Andrea Torres, Coordinadora Siso
- D. I. German Vargas Linares, Director del Proyecto de Practica.
- 3 Encargados de línea.

- Se realiza presentación del Puesto y se consigue su aprobación para su construcción.
- Por orden administrativa se realiza Cotización para la construcción de 3 Puestos de control, para las líneas E2 y E4.

4.3.2. Inventario de Piezas y Partes. En la tabla 63 se establecen los insumos materiales con que se va a manufacturar el nuevo puesto.

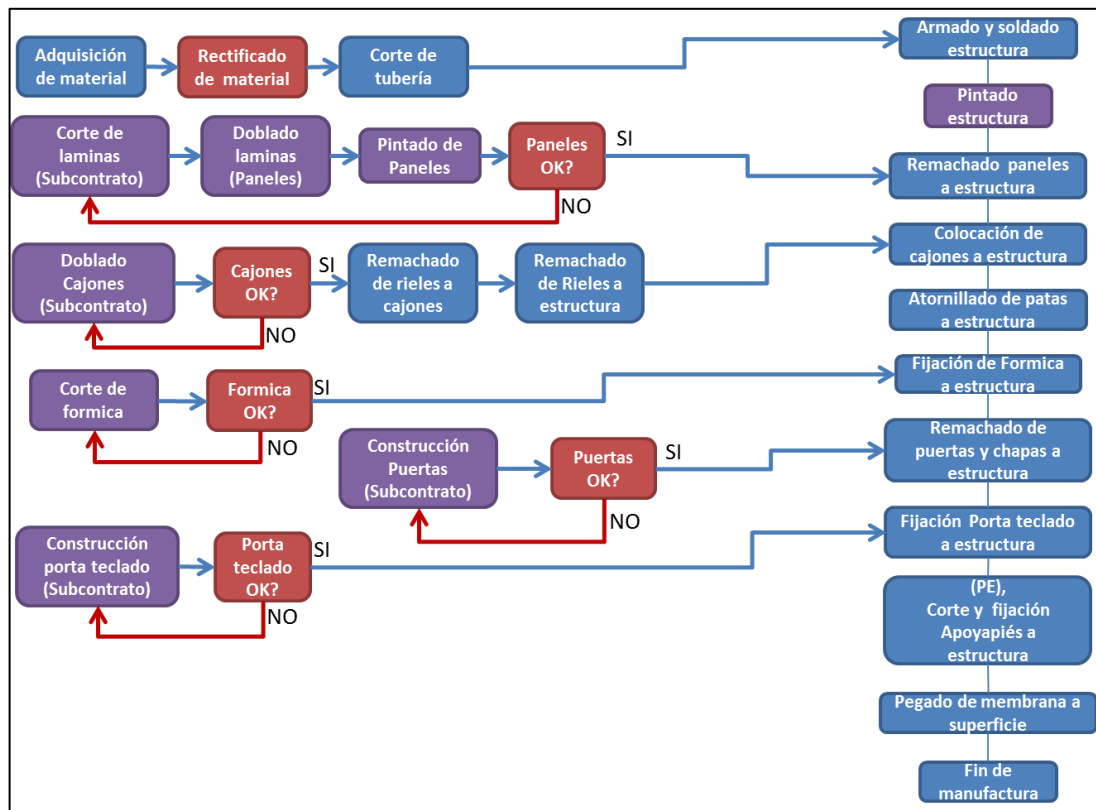
Tabla 62: inventario de Piezas

CANT	DESCRIPCION
1	Estructura PT E1 (20 m tubo cuad. cold rolled 3/4")
1/2	Lamina en formica gruesa de alto impacto
5	Tapa metálica (Cold rolled laminar)
5	Cajón de herramientas (Cold rolled laminar)
5	Par de rieles 40cm estándar para cajon de herramientas
1	Cajón de oficina con ángulo 45° (Cold rolled laminar)
1	Par de rieles full extensión (40cm – 30cm) para cajón de oficina
1/4	lamina formica gruesa ((Portateclado)
5	Par de rieles full extensión 35cm porta teclado
10	Manija niquelada
10	Bisagra
2	Caja de 150 remaches ciegos
8	Pata extensora
1	Lamina de aluminio foil con relieve (apoyapiés)
1	Membrana protectora anti impacto.

Para el estudio de los planos del puesto puede referirse al anexo G) *Planos constructivos del puesto de control.*

4.3.3. Manufactura. La figura 77 muestra el diagrama del proceso de construcción del prototipo. Se tiene en cuenta la adquisición del material, los procesos que se contratan para el pre-ensamble y el cuadro de ensamblaje final del prototipo.

Figura 76: Cuadro Proceso de manufactura



Las figura 78 muestra el registro fotográfico del proceso de construcción.

Figura 77: Fabricación del Puesto de control



Una vez fabricado el puesto es llevado a la empresa donde se instala en la línea de extrusión E1. (Figuras 79, 80)

Figura 78: Puesto de control en la línea de Extrusión

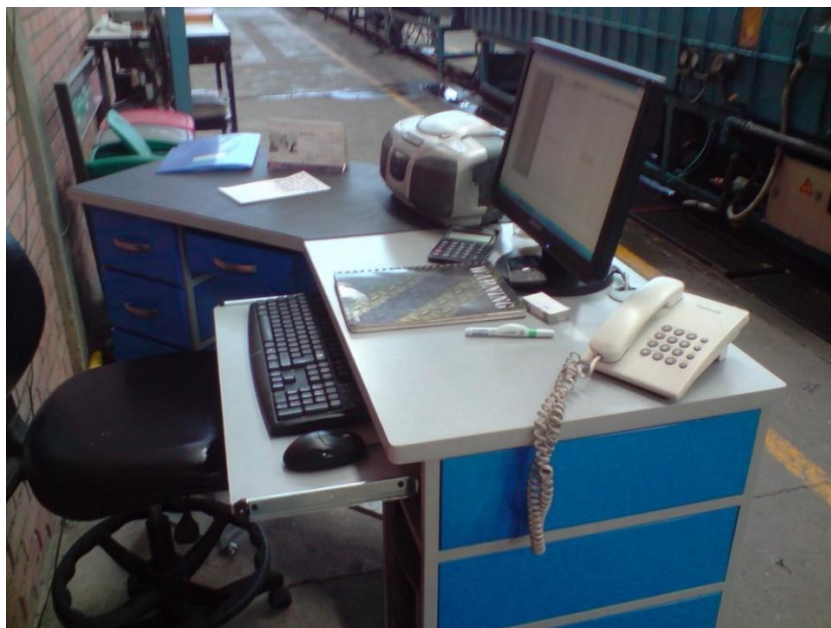


Figura 79: Puesto de control en la línea de Extrusión 2



Cuando se instaló el puesto de Control, se evidencia que el medidor de Ovalamiento no estaba en el puesto antiguo.

Solamente había un medidor de ovalamiento calibrado, y este era trasteado a los demás puestos de trabajo, encontrándose en el puesto de trabajo de la línea E4.

Extracol Autoriza la construcción de un segundo puesto de trabajo el cual también es llevado e instalado junto a la línea de Extrusión E4. (Figura 81)

Figura 80: Puesto de control con medidor de ovalamiento



5. FASE DE EVALUACION

5.1. ANALISIS DE LA NUEVA INTERFAZ

Para su Evaluación se usa el mismo método de usabilidad con que se midió la interfaz del puesto de trabajo antiguo, y de esta manera comprobar la interacción entre encargado y puesto.

Para detalles de la evaluación, favor referirse al anexo *H) Evaluación heurística del nuevo puesto de control.*

En la tabla 64 se muestran los resultados del estudio y se compara con el estudio realizado al puesto de trabajo antiguo. En la figura 82 se puede evidenciar un cambio drástico en la interfaz con respecto a la figura 29, la relación entre puesto y usuario es eficiente.

Tabla 63: Resultados Evaluación Heurística Final

CODIGO	VARIABLE	ESCALA	PRINCIPIO	PROMEDIO INTERFAZ
E1-n1	Ubicación y posición sedente	2	Accesibilidad	1,50
E1-n2	Alcance teclado y mouse.	1		
E1-n3	Alcance teléfono	1		
E1-n4	Acceso al medidor de ovalamiento.	1		
E1-n5	Acceso a herramientas de medición de mano.	2		
E1-n6	Ubicación de herramientas manuales	2		
E1-n7	Sentarse	1	Autonomía	3
E1-n8	Usar herramientas de medición en PCC	1		
E1-n9	Indicación del cajón	2	Legibilidad	1,8
E1-n10	Indicación apoyapiés	1		
E1-n11	Índices de elementos y herramientas	2		
E1-n12	Interpretación ubicación silla	2		

CODIGO	VARIABLE	ESCALA	PRINCIPIO	PROMEDIO INTERFAZ
E1-n13	Conexiones eléctricas	2		
E1-n14	Características de la silla	2	Consistencia	1,5
E1-n15	Dimensiones del escritorio	1		
E1-n16	Material estructura	1		
E1-n17	Material de la superficie	2		
				2,0

Figura 81: Grafico de Dispersión Interfaz Final

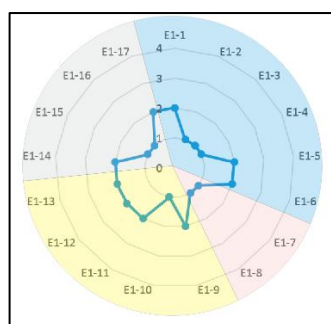
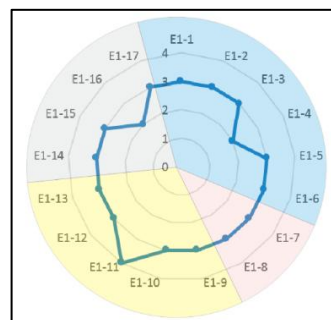


Figura 82: Grafico de Dispersión de la Interfaz



6. FASE DE COMUNICACIÓN

6.1. MANUAL DE USO

Para el diseño del manual de uso se tuvieron en cuenta estas consideraciones:

- Portada: Un gráfico o Render del puesto.
- Una introducción refiriéndose al puesto de trabajo y las ventajas que puede traer al Encargado si se usa bajo una cultura de trabajo seria y de cuidado.
- Contenido mayormente grafico donde se muestre la interacción entre usuario y puesto de trabajo.
- El contenido estará formado por recomendaciones, mas no por normas, para el buen uso del puesto.
- El objetivo de este manual de uso es concientizar al Encargado que el cuidado y el buen uso de las cosas trae como consecuencia ventajas en su ritmo de trabajo, en su calidad de trabajo, y en su cultura de trabajo.
- Evidenciar al encargado que el puesto no es indestructible, ningún objeto o producto lo es. Que se diseñó basado en sus actividades, en sus necesidades, en su fisionomía y en su tiempo de uso.
- Por recomendación del Coordinador se cambia los nombres de PCC E1 (Puesto de Control de Calidad de Línea Extrusión E1) a PCC PE (Puesto de Control de Calidad de Líneas de Extrusión PE)

Este manual de uso es el anexo I) *Manual de uso*.

7. CONCLUSIONES

El nuevo puesto de trabajo ofrece al encargado de línea un acceso completo a todos sus medios de trabajo.

Al reducir la altura del puesto 20 cm con respecto al anterior, se facilitó la puesta de la probeta en el medidor de ovalamiento para tubería de gran diámetro. La postura del encargado mejoro al no tener que subir los brazos por encima del pecho para realizar esta actividad.

El proceso de Medir y digitar puede hacerse simultáneamente y en posición sedente para todas las actividades con herramientas de medición manual, lo que mejoro la autonomía del mismo.

El nuevo puesto ocupa un área equivalente a puesto anterior, no genera repercusiones en el transito del personal ni de transporte de componentes hacia la línea de extrusión.

El nuevo puesto dispone de espacios de almacenamiento mejor distribuidos. Como sus cajones para herramientas y documentación, el espacio para la torre CPU y el sistema posterior que permite guardar y mantener seguro el cableado eléctrico, el estabilizador y el router.

El encargado pude estirar sus piernas y apoyar sus pies en el apoyapié del puesto cuando requiere realizar actividades que demandan gran tiempo en posición sedente.

El puesto permite al encargado tener una posición sedente completa, usando toda la base del asiento y el espaldar de la silla, con esto puede realizar sus actividades sin repercusiones por malas posturas.

Gracias a la forma angular de la superficie, el encargado ha mejorado el ritmo de sus actividades y puede aplicar una secuencia óptima en su proceso de medición como se evidencia en la evaluación heurística.

Al establecer los elementos propios del puesto, y descartar los que generaban desorden, el encargado tiene el espacio suficiente para colocar sus herramientas de medición sin que estas se le pierdan a la vista.

La unión entre la estructura tubular y los paneles de área reducida, brindan al puesto gran estabilidad y resistencia, capaz de soportar cargas por encima de los 250kg y golpes aplicados con fuerza humana sin que se aboye.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE QFD. Herramientas QFD [En línea]. En página Web: http://www.qfdlat.com/Herramientas_QFD/herramientas_qfd.html .

BELMONT, Gabriela. Diseño Hablado. [Diapositivas]. Slideshare.net. 2013. Disponible en: <http://www.slideshare.net/BiiChuzBelmoontdeCuevaas/disenohablado#>

BIZKAIKO FORU, Aldundia. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Departamento de Promoción Económica. Librería hor dago. 2003

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 2400. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Bogotá. El Ministerio. 1979.

DIEGO MÁS, José Antonio; ASENSIO CUESTA, Sabina. Método LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo) [En línea]. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php>

DIEGO MÁS, José Antonio; ASENSIO CUESTA, Sabina. Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) [En línea]. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

ICONTEC. NTC 5649, Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones e indicaciones importantes para mediciones

corporales. Edit. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá. 2008-12-10. I.C.S.: 13.180

ICONTEC. NTC 5655, Principios para el Diseño Ergonómico de Sistemas de trabajo. Edit. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá. 2008-12-24. I.C.S.: 13.180

ISO 1438:2010. Safety of machinery -- Anthropometric requirements for the design of workstations at machinery. Edit. International Organization for Standardization. Switzerland. 2010-05-26. I.C.S. 13.110 /13.180

Manual de Producción Proceso de Extrusión EXTRUCOL. S. A. Redes confiables. Documentación Interna, Sistema de archivos. EXTRUCOL S. A. 2002

MERCEDES CHINEER Dasi; DIEGO MAS, Antonio; ALCAIDE MARZAL, Jorge. Laboratorio de Ergonomía. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia.. 2001. ISBN 849705038X

PACHECO USTATE, Elkin Javier. Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S. A. Facultad de Minas. Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.2007.

POVEDA PUENTE, Rakel. BARBERÀ I GUILLEM, Ricard. CORT BORDERÍA, José Manuel. SÁNCHEZ LACUESTA, Javier. PRAT PASTOR, Jaime M. Datus. ¿Cómo obtener productos con alta usabilidad?. IBV (Instituto Biomecánico de Valencia), 2000-2003. Disponible en: <http://sid.usal.es/idocs/F8/FDO7077/datus.pdf>

RIQUELME Mariavictoria. VILLARROEL Nadja. Primera Experiencia de captura de datos antropométricos estáticos por Fotogrametría. Seminario Diseño Computacional I. Universidad de Chile. 2010

RODRÍGUEZ MONDELO, Pedro; GREGORI TORADA, Enrique; BARRAU BOMBARDO, Pedro. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. Alfaomega ediciones UPC, S.L. 2000. ISBN 970-15-0296-5

RODRÍGUEZ MONDELO, Pedro; GREGORI TORADA, Enrique; BARRAU BOMBARDO; BLASCO BUSQUETS Joan. Ergonomía 3, Diseño de Puestos de Trabajo. Universidad Politécnica de Catalunya. 2004. ISBN 8498801141.

RUIZ ORTIZ, Manuel Ricardo. Propuesta metodológica para la valoración de la usabilidad del puesto de trabajo del personal administrativo [En línea]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2012. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11097/#sthash.51A2a58R.dpuf>

TRIANA, Cristhian. CONSIDERACIONES ANTROPOMETRICAS DEL PUESTO DE TRABAJO. [Diapositivas]. Prezi.com. 2012. Disponible en: <http://prezi.com/lgublt7kvxkc/consideraciones-antropometricas-del-puesto-de-trabajo/>

ANEXOS

ANEXO A. Plano de Planta Extrucol S.A. en formato A0 (en cd-rom)

ANEXO B. Heurística (en cd-rom)

ANEXO C. AMFE Línea E1 (en cd-rom)

ANEXO D. Métodos y tiempos (en cd-rom)

ANEXO E. Carga Física (en cd-rom)

ANEXO F. Antropometría (fichas en cd-rom)

ANEXO G. Planos constructivos

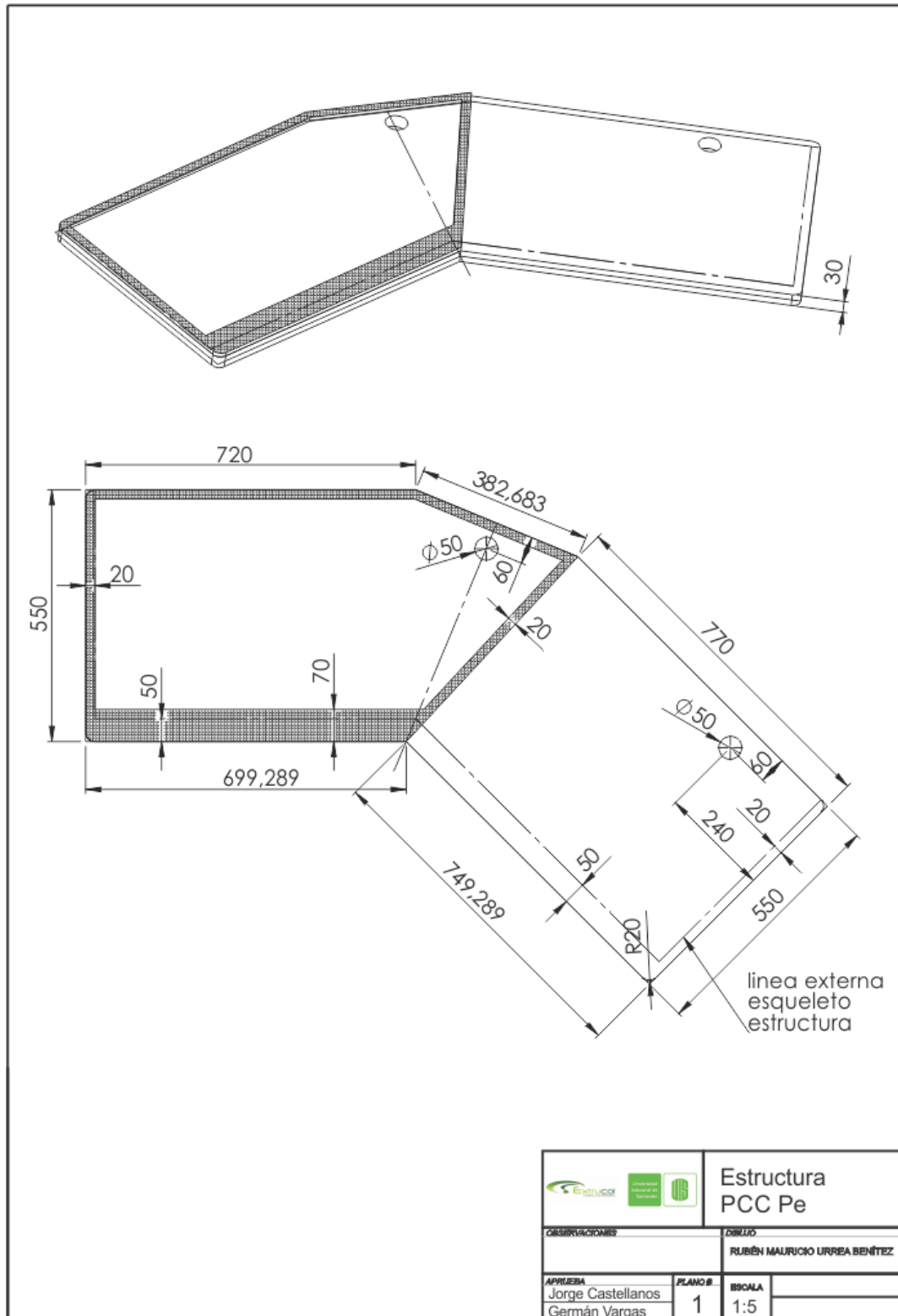
ANEXO H. Heurística nuevo puesto (en cd-rom)

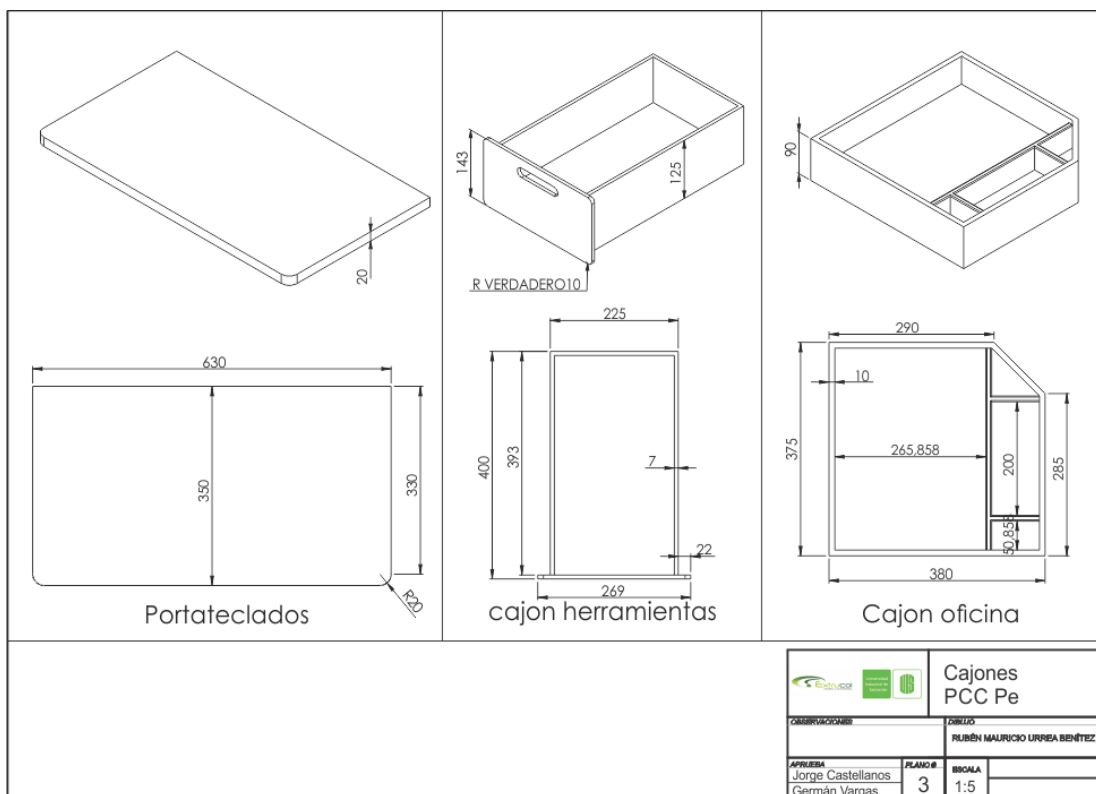
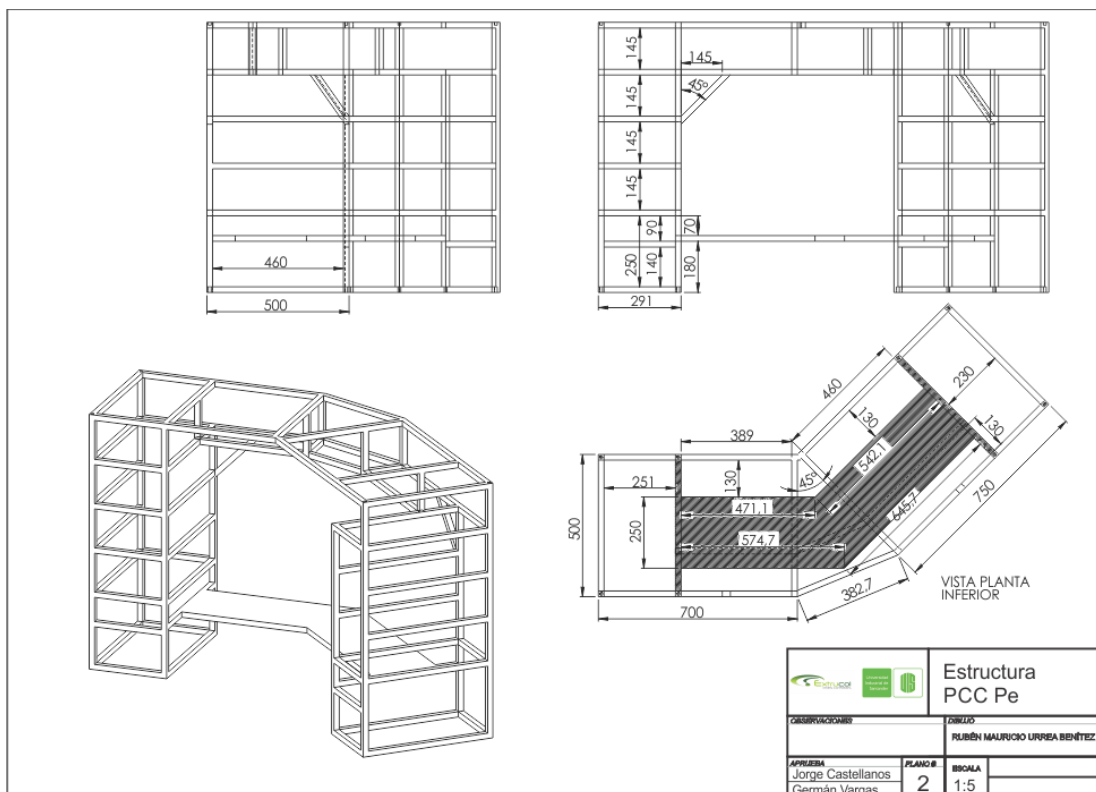
ANEXO I. Manual de uso

ANEXO J. Cotización puestos

ANEXO K. Certificado Práctica

ANEXO L. Planos constructivos (formato PDF en CD-rom)





ANEXO M Manual de uso



Sobre El Puesto de Control y el sistema de trabajo

Un Puesto de Control de Calidad es un puesto de trabajo destinado a las funciones de supervisión, medición y calibración de un producto que sigue normativas o estándares de fabricación muy precisos.

La persona a cargo debe de tener experiencia en el área, ya que su pericia es indispensable para resolver problemas de calibración que puedan resultar en una producción perdida.

También el Encargado ha de concebir el puesto como una ayuda técnica que hace parte de un sistema de producción mas grande que es su área de trabajo, la línea de Extrusión y que necesita de medios de trabajo (herramientas), para poder desenvolverse en las dos áreas.



Partes Del Puesto:



- Identifique las compuertas traseras para meter el cableado que llega de la torre a los periférico (teclado, mouse, monitor), para meter el estabilizador y el router.
- Identifique el Apoya pies para tener un buen apoyo al sentarse a digitar.
- Identifique los cajones como organizadores
- Identifique su área de trabajo para realizar actividades simultaneas de medición y de oficina.



Actividades:

Medición de Ovalamiento

Consideraciones:

Al caminar con la probeta tenga en cuenta:

Asegurar bien el tubo entre hombro y brazo

Si el tubo es muy pesado utilice su otra mano de soporte.

Si va cambiar de hombro no lo haga en el aire, pare el tubo en el piso, y con las dos manos subalo al otro hombro.

Siempre baje y suba el tubo con las dos manos.

Trate de no doblar la columna al coger el tubo, flexione las piernas un poco y mantenga la columna recta.



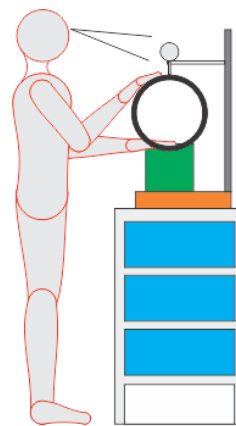
Al descargar la Probeta en el medidor, hagalo con las dos manos.

Al llegar al puesto con la Probeta cerciórese que el reloj comparador no sea un estorbo para colocar la tubería. Si esto sucede, pare el tubo en el piso y retire el reloj, así evitara golpearlo al volver a poner el tubo.

Realice esta actividad de pie, al identificar los puntos de ovalamiento, puede acceder a la silla, sentarse, digitar los datos y seguir a la siguiente actividad

Mantenga una posición firme y evite inclinar el cuello o agacharse.

Si la Probeta es muy pesada, puede dejarla en el medidor, este será un soporte para la siguiente medición.

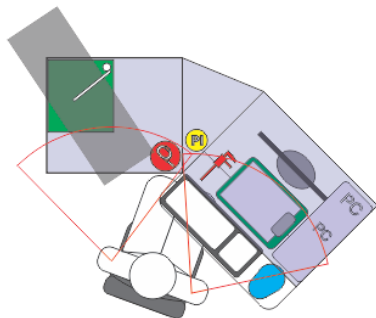


Medición de espesores:

Se recomienda seguir con esta actividad después del ovalamiento.

Ubicarse como lo indica la gráfica da opción de alcance tanto a la Probeta y al teclado.

Si el tubo no es muy pesado, este se puede ir girando con cada medición, para evitar posturas incómodas. Si es de alto diámetro, es mejor realizar la actividad de pie en la misma posición. Siempre girar el tubo a dos manos.



Medición con Cinta PI

Es evidente la necesidad que tiene el encargado de acercarse la probeta al cuerpo para realizar esta actividad y ver la medición desde arriba.



Para Probetas pequeñas no hay problema, Así la medición sea de corto tiempo, es recomendable corregir la postura y minimizar la inclinación de la espalda colocando la probeta en el medidor para ganar altura. Para Diámetros grandes es mejor no bajar la Probeta del medidor y hacer la medición por un lado del tubo.



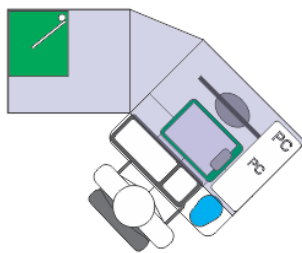
Cargar Datos al Sistema

Después de un arranque de Línea y la calibración de la tubería Producida, El encargado debe de actualizar el sistema productivo con todas las nuevas variables de entrada.

Este es una actividad que demanda tiempo en Posición sedente, por lo tanto:

Se recomienda guardar las herramientas de medición y centrarse solo en el acceso al Computador, las herramientas no se van a utilizar por largo tiempo y así se evita un poco de desorden.

Usar el apoyapiés del Puesto para estirar las piernas

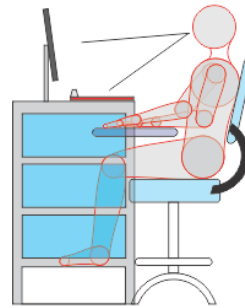


Sientase cómodo. No se incline hacia adelante ni tencione los hombros.

No genere tensión sobre el cuello.

Inclínese hacia atrás, use el espaldar y aproveche el tiempo de esta actividad para descansar el cuerpo.

Ubique la planilla al frente del monitor y de esta forma leer cómodamente mientras digita.



Cuidados con el puesto

Conserve siempre en los cajones inferiores del puesto un trapo y un frasco de líquido para limpiar.

Limpíelo periódica mente, es su sitio de trabajo y debe de permanecer limpio.

Los cajones están diseñados para almacenar herramientas manuales que se pueden usar fácilmente con las manos. No están diseñados para soportar los pernos del cabezal de extrusión, los cuales son muy pesados, están oxidados y manchan el interior del cajón.

Las herramientas de gran peso pueden descarrillar los rieles del cajón, al abrir y cerrarlos bruscamente.

Cuidar el puesto de choques, golpes o impactos externos aseguran su vida útil.

No rayarlo con objetos filosos, se descubre el metal y comienza a oxidarse.

Si va a realizar trabajos con herramientas y elementos metálicos use la zona protegida por el caucho anti impacto



Uselo

Cuidelo



ANEXO N. Cotización puestos

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL Y MECANIZADOS LTDA

Nit: 900108163-2 IVA - Régimen común
Calle 28 No 10-26 Bucaramanga Santander
Telefax. 6424915 Celular 3118065493 31674167135

Bucaramanga, Marzo 27 de 2013

COTIZACION

MANIMEC LTDA

Numero: 0387

Ing. Jorge Eleazar
Director de Operaciones
EXTRUCOL

A continuación ponemos en su consideración la siguiente propuesta:

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Puestos de trabajo para las líneas E2, E1 Y E4	3	\$2.400.000	\$7.200.000
	SUBTOTAL			\$7.200.000
	IVA			\$1.152.000
	TOTAL			\$8.352.000

Tiempo de entrega: 1 mes después de recibida la orden de compra

Validez de la oferta: 15 días.

Forma de pago: Contado. Favor realizar consignación en la cuenta de ahorros numero 79529911977 de Bancolombia a nombre de Mantenimiento Industrial y mecanizados LTDA. Enviar orden de compra por correo electrónico a la dirección manimec@hotmail.com

Atentamente,

Nelson Bernal Hernández
C.C. 91.155.349 de Bucaramanga
Gerente

ANEXO O. Certificado Práctica



Bucaramanga, 30 de Agosto de 2012

EL DIRECTOR DE GESTION INTEGRAL

HACE CONSTAR:

Que el señor RUBEN MAURICIO URREA BENITEZ, identificado con cédula de ciudadanía 91.112.713 de Socorro (Santander), estudiante de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, realizó un proyecto como practica en Intervención ergonómica de tipo correctivo para los puestos de trabajo en las líneas de inyección y Extrusión de nuestra empresa desde el Catorce (14) de Marzo de 2011 hasta el 30 de Abril de 2012.

Atentamente,

JOSE ANTONIO CAICEDO CARRILLO
EXTRUCOL S.A.

Copia: Hoja de Vida

PBX: (57)(7) 676 19 40 Fax: (57)(7)676 07 14
Línea de atención al cliente: 018000 977079
Parque Industrial Km 3 Vía Palenque Café Madrid
Bucaramanga - Colombia