



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

Autores:

Chanaluisa Chilibingua Edgar Xavier

Vaca Toapanta Verónica Pilar

Tutor:

Ing. MSc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

Latacunga – Ecuador

Febrero – 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **VACA TOAPANTA VERÓNICA PILAR & CHANALUISA CHILQUINGA EDGAR XAVIER** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCION DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN”**, siendo el **Ingeniero MSc. BLADIMIRO HERNÁN NAVAS OLMEDO** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI** y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Chanaluisa Chiliquinga Edgar Xavier
C.C. 050380959-2

Vaca Toapanta Verónica Pilar
C.C. 055000850-2



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN”, de **VACA TOAPANTA VERÓNICA PILAR** y **CHANALUISA CHILQUINGA EDGAR XAVIER** de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2019.

Atentamente

Ing. Mg. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

C.C. 050069554-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: **VACA TOAPANTA VERÓNICA PILAR** y **CHANALUISA CHILQUINGA EDGAR XAVIER** con el título de Proyecto de Titulación: **“ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCION DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2019.

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)
Ing. Medardo Ulloa
CC: 1000097032-5

Lector 2
Ing. Raúl Andrango
CC: 171752625-3

Lector 3
Ing. Carolina Villa
CC: 180307119-8



ALUMINIO
GARANTIZADO

DEPARTAMENTO DE FUNDICION
(593)32-805117 ext.: 5133
sfundicion@corpesa.com

Latacunga, 06 de febrero del 2019

CERTIFICADO

De mi consideración:

Yo, Bladimiro Hernán Navas Olmedo con número de ciudadanía N° 050069554-9, Jefe del Departamento de Fundición de la **CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A. CEDAL**, Certifico que los Sres.: Vaca Toapanta Verónica Pilar con número de cédula N° 055000850-2, & Edgar Xavier Chanaluisa Chilibingua con número de cédula N° 050380959-2, realizaron en las instalaciones del área de Fundición el proyecto de investigación titulado: “ANALISIS DE LA DISTRIBUCION DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN”.

El trabajo de investigación final fue entregado a mi persona.

Atentamente;

Ing. Msc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FUNDICIÓN CEDAL S.A.
C.I. 050069554-9

“Cuando no sepas dónde ir, sigue el perfume de un sueño”

AGRADECIMIENTO

Por la bendición recibida de poder realizarme en este mundo, a mi Dios que ha permanecido en los buenos y malos momentos del transcurso de vida.

Por la dicha de poder tenerlos a mi lado y por el sincero cariño al formarme con los principales valores y así poder desempeñarme como hija, hermana, amiga a mis distinguidos padres Jorge & Magdalena.

Mi familia principalmente mis hermanos que han sido el soporte de mis días tristes y el coraje de mis metas firmes sobre todo por permitirme ser un ejemplo de vida.

A mi esposo José H. quien ha depositado en mí la confianza para poder superarme y por ser el sustento para la culminación de mis estudios. Mis maestros queridos que sin temor a ofrecer su ayuda confiaron en mí, de manera profunda mi agradecimiento a nuestro tutor de tesis, así como al Ing. Telmo Álvarez por su apoyo incondicional.

A la empresa CEDAL S.A., por la apertura y facilidades brindadas. Amigos y conocidos que se han ganado mi amistad.

Verónica P. Vaca T.

“La felicidad se encuentra en la alegría del logro y la emoción en el esfuerzo”

DEDICATORIA

*A mi Dios todopoderoso, mis respetados
padres, mis hermanos, mi esposo y de
marera esencial a mi amado hijo José
Gabriel.*

Verónica P. Vaca T

“No existe sueño imposible, existen mentes que se creen incapaces”

AGRADECIMIENTO

Por el apoyo incondicional quiero extender mis más sinceros agradecimientos a:

A mis padres por el esfuerzo extraordinario que han puesto por darme lo necesario, quienes, con sus consejos inolvidables, me han enseñado que las cosas se obtienen con arduo trabajo y dedicación. Asimismo, un agradecimiento especial a mi tía Carmita, por ser la precursora de seguir en adelante a pesar de las adversidades que se han presentado en el transcurso de mi vida. ¡Gracias por su admirable dedicación y constancia!

A los docentes de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, por haberme acogido en sus aulas y compañeros, con quienes compartí amistades, conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera, gracias infinitas por la paciencia, la confianza y el apoyo que depositaron en mí.

A nuestro tutor y amigo el Ing. MSc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo, por su tiempo dedicado en la disposición para orientar a que el trabajo investigativo cumpla con los objetivos propuestos, a su vez con excelentes consejos. Siempre brindó palabras de aliento para no rendirme en el camino. De la misma manera a la empresa CEDAL S.A, por la apertura y facilidades brindadas.

Edgar X. Chanaluisa Ch.

“La disciplina, tarde o temprano, vencerá a la inteligencia”

DEDICATORIA

Desde el más profundo de mis emociones dedico esta tesis a:

A lo mejor que me regalo la vida, mis amados padres Elías y Delia, por el amor incomparable, esfuerzo, sabiduría brindado, cual guerreros de perseverancia, auto superación del día a día, logran forjar en mi a la lucha por lo que se anhela; sin olvidar los principios y valores. Mi ser se llena de emoción y alegría al saber que este triunfo es compartido y hoy se plasma finalmente y puedo decir con mucha satisfacción. ¡Lo logramos!

A mis hermanos, de alguna u otra forma buscamos y logramos alcanzar nuestros sueños, llevando la concepción del nada es imposible en esta vida y el mutuo acuerdo de nuestros universos simbólicos. Es maravilloso saber que puedo contar con ustedes. ¡Los amo infinitamente!

A toda mi familia por su ayuda y preocupación en el desarrollo de conseguir este merito, estoy seguro que representa un valor especial para cada uno de ellos. ¡Éxitos totales a todos!

Edgar X. Chanaluisa Ch.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | iv |
| AVAL EMPRESA CEDAL S.A. PLANTA LATACUNGA | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | x |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xvi |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | xviii |
| RESUMEN..... | xix |
| ABSTRACT..... | xx |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | xxi |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL..... | 1 |
| 1.1. Descripción de Proyecto..... | 2 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... | 3 |
| 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO..... | 4 |
| 3.1. Beneficiarios directos. | 4 |
| 3.2. Beneficiarios Indirectos:..... | 4 |
| 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| 4.1. Formulación del Problema..... | 5 |
| 5. OBJETIVOS:..... | 6 |
| 5.1. General. | 6 |
| 5.2. Específicos:..... | 6 |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..... | 7 |
| 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA..... | 9 |
| 7.1. Antecedentes Empresariales | 9 |
| 7.2 Planta CEDAL Latacunga. | 10 |
| 7.2.1. Fundición. | 10 |
| 7.2.1. Extrusión..... | 11 |
| 7.2.2. Anodizado..... | 11 |
| 7.2.3. Pintura Electrostática..... | 11 |
| 7.2.4. Empaque y Despacho. | 11 |
| 7.2.5. Matricería..... | 11 |
| 7.2.6. Planta de Tratamiento..... | 11 |
| 7.3. Distribución de Planta o Layout | 11 |
| 7.3.1. Importancia de la Distribución de Planta o Layout..... | 12 |
| 7.3.2. Objetivos de la Distribución de Planta o Layout | 12 |
| 7.3.3. Causas de una nueva Distribución de Planta o Layout. | 13 |

| | |
|---|----|
| 7.3.4. Factores de la distribución de la planta. | 13 |
| 7.3.5. Equipos Industriales | 14 |
| 7.4. Según el Tipo de Industria | 15 |
| 7.4.1. Mono lineales:..... | 15 |
| 7.4.2. Convergentes o sintéticas: | 15 |
| 7.4.3. Divergentes o Analíticas: | 16 |
| 7.4.4. Convergente y divergente:..... | 17 |
| 7.5. Según el tipo de organización de la Producción: | 17 |
| 7.5.1. Distribución por Procesos:..... | 17 |
| 7.5.2. Distribución por Producto o en Línea: | 18 |
| 7.5.3. Distribución de Posición Fija:..... | 19 |
| 7.5.4. Distribuciones Híbridas (Las células de Trabajo):..... | 20 |
| 7.5.5. Distribución justo a tiempo..... | 21 |
| 7.6. Medición del Trabajo. | 21 |
| 7.6.1. Técnicas para la medición del trabajo. | 22 |
| 7.6.2. Métodos en los que no se utilizan medidas de tiempo. | 22 |
| 7.6.3. Métodos en los que sí se utilizan medidas de tiempo. | 22 |
| 7.7. Capacidad de Producción. | 23 |
| 7.8. Consideraciones sobre la capacidad..... | 24 |
| 7.9. Planificación de la capacidad productiva | 25 |
| 7.10. Productividad | 25 |
| 7.10.1. Medición de la productividad. | 26 |
| 7.11. Software para la Distribución de Planta o Layout. | 26 |
| 7.12. El software POM-QM (Production and Operations Management, Quantitative Methods)... | 27 |
| 7.12.1. Balanceo de Líneas de Ensamble | 27 |
| 7.12.2. El Modelo | 27 |
| 7.13. El software WinQSB. | 30 |
| 7.13.1. Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis). | 30 |
| 7.13.2. Planeación agregada (Aggregate Planning)..... | 30 |
| 7.13.3. Análisis de decisiones (Decisión Analysis) | 30 |
| 7.13.4. Programación dinámica (Dynamic Programming) | 31 |
| 7.13.5. Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout)..... | 31 |
| 7.13.6. Pronósticos (Forecasting and Linear Regression)..... | 31 |

| | |
|---|----|
| 7.13.7. Programación por objetivos (Goal Programming) | 31 |
| 7.13.8. Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System)..... | 32 |
| 7.13.9. Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling). | 32 |
| 7.14. Procesos de Markov | 32 |
| 7.14.1. Programación lineal y entera (Linear and integer programming)..... | 32 |
| 7.14.2. Planeación de requerimiento de materiales | 33 |
| 7.15. Método Guerchet..... | 34 |
| 7.15.1. Superficie estática (Ss). | 35 |
| 7.15.2. Superficie de gravitación (Sg) | 35 |
| 7.15.3. Superficie de evolución (Se)..... | 35 |
| 7.16. Método Systematic Layout Planning (SLP) | 36 |
| 7.16.1. Fase I Localización..... | 36 |
| 7.16.2. Fase II Plan de Distribución General. | 36 |
| 7.16.3. Fase III Plan de Distribución Detallada..... | 37 |
| 7.16.4. Fase IV Instalación..... | 37 |
| 7.17. Balanceo de Líneas..... | 38 |
| 7.18. Propuesta de aplicación referente al marco teórico..... | 39 |
| 8. HIPÓTESIS..... | 39 |
| 8.1. V. independiente. | 39 |
| 8.2. V. dependiente. | 39 |
| 9. METODOLOGÍAS..... | 40 |
| 9.1. Métodos de investigación. | 40 |
| 9.1.1. Método hipotético-deductivo..... | 40 |
| 9.1.2. Método inductivo-deductivo..... | 40 |
| 9.1.3. Método de investigación cuantitativa..... | 40 |
| 9.2. Tipos de investigación..... | 40 |
| 9.2.1. Investigación de campo. | 40 |
| 9.2.2. Investigación Bibliográfica - Documental..... | 41 |
| 9.2.3 Investigación descriptiva | 41 |
| 9.2.4. Investigación explicativa. | 41 |
| 9.3 Técnicas de investigación. | 41 |
| 9.3.1. Observación. | 41 |
| 9.3.2. Recolección de Información | 41 |
| 9.3.4. Procesamiento y Análisis de Datos | 42 |

| | |
|--|-----|
| 9.4. Herramientas de proceso | 42 |
| 9.4.1. Diagramas de flujos..... | 42 |
| 9.4.2. Diagrama de Hilos | 42 |
| 9.4.3. Diagrama de Relaciones | 42 |
| 9.4.4. Diagramas de recorrido | 42 |
| 9.4.5. Curso grama Analítico..... | 43 |
| 10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 43 |
| 10.1. Actividades del Objetivo 1..... | 43 |
| 10.2. Actividades del Objetivo 2 | 62 |
| 10.3. Actividades del Objetivo 3 | 102 |
| 10.4. Actividades del Objetivo 4..... | 126 |
| 10.4.3. Medición de la productividad actual y propuesta. | 128 |
| 10.5. Comprobación de la hipótesis. | 130 |
| 11. VALORACION DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO | 131 |
| 11.1. Impactos Económicos. | 131 |
| 11.2. Impactos Técnicos. | 131 |
| 11.3. Impactos Ambientales..... | 131 |
| 11.4. Impactos Sociales. | 131 |
| 12. VALORACIÓN ECONÓMICA. | 132 |
| 12.1. Presupuesto invertido por la ejecución del proyecto de investigación. | 132 |
| 12.2. Periodo de recuperación de la inversión. | 133 |
| 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 134 |
| 13.1. Conclusiones: | 134 |
| 13.2. Recomendaciones | 135 |
| 14. BIBLIOGRAFÍA..... | 136 |
| 15. ANEXOS | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Beneficiarios directos – Área de fundición Cedal S.A. | 4 |
| Tabla 2. Actividades a realizar, técnicas e instrumentos usados y resultados esperados. | 7 |
| Tabla 3: Distribución por Proceso. Ventajas e Inconvenientes. | 18 |
| Tabla 4: Distribución por Producto. Ventajas e Inconvenientes. | 19 |
| Tabla 5: Distribución por Posición Fija. Características. | 20 |
| Tabla 6: Distribución por Células de Trabajo. | 21 |
| Tabla 7: Medición de la Productividad. Ejemplos. | 26 |
| Tabla 8. Información de la empresa. | 43 |
| Tabla 9. Composición química de aleaciones de aluminio. | 52 |
| Tabla 10: Cursograma Analítico Actual del proceso productivo del Área de Fundición. | 60 |
| Tabla 11. Descripción de Actividades: Fundición de chatarra de aluminio. | 64 |
| Tabla 12. Hoja de Datos del Tiempo Básico: Fundición de chatarra de aluminio. | 65 |
| Tabla 13. Cálculo de Suplementos por Descanso: Homogenizado de Lingotes. | 66 |
| Tabla 14: Resumen General del Estudio de Tiempos de la producción de Lingotes / billets de Aluminio | 68 |
| Tabla 15: Tareas del proceso productivo del Área de Fundición. | 74 |
| Tabla 16: Tareas Subsiguientes. | 75 |
| Tabla 17: Agrupación tareas subsiguientes | 76 |
| Tabla 18: Balanceo Basado en las Reglas de Asignación. | 77 |
| Tabla 19: Procesos Productivos del Área de fundición. | 87 |
| Tabla 20: Flujo de producción de lingotes de aluminio. | 88 |
| Tabla 21: Matriz del Flujo de producción de lingotes de aluminio. | 89 |
| Tabla 22: Tiempos de Traslado entre Procesos | 91 |
| Tabla 23: Costo de mover el material. | 93 |
| Tabla 24: Matriz de costos de mover el material. | 94 |
| Tabla 25: Comparación del costo Actual - Propuesta. | 101 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 27. Superficie Necesaria – Planta de Fundición..... | 109 |
| Tabla 28. Superficie Necesaria 2 | 110 |
| Tabla 29 . Valores de relación de cercanía. | 112 |
| Tabla 30. Razón de cercanía entre departamentos. | 112 |
| Tabla 31. Tabla que muestra diagrama de relaciones entre sub áreas de la empresa. | 112 |
| Tabla 32. sustitución de los valores del diagrama de relaciones..... | 113 |
| Tabla 33. Áreas y dimensiones de los departamentos | 114 |
| Tabla 34. Curso grama Analítico Actual - Propuesto del Flujo de Material | 119 |
| Tabla 35. Descripción de Actividades: Fundición de chatarra de aluminio cabecero (Propuesto) | 120 |
| Tabla 36. Hoja de Datos del Tiempo Básico: Fundición de chatarra de aluminio (Propuesto). | 121 |
| Tabla 37. Cálculo de Suplementos por Descanso: Fundición de chatarra de aluminio (Propuesto) ... | 122 |
| Tabla 38. Resumen General del Estudio de Tiempos para la producción de Lingotes de Aluminio (Propuesto) | 124 |
| Tabla 39. Costos estimados de inversión en la propuesta de redistribución..... | 126 |
| Tabla 40. Productividad Actual Área de Fundición - Cedal..... | 129 |
| Tabla 41. Productividad Propuesta | 129 |
| Tabla 42. Presupuesto invertido por la elaboración del proyecto. | 132 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Logotipo de la empresa CEDAL S.A..... | 9 |
| Figura 2: Ubicación planta Cedal S.A. Latacunga..... | 10 |
| Figura 3: Distribución Mono lineal | 15 |
| Figura 4: Distribución Convergente | 16 |
| Figura 5: Distribución Divergente. | 16 |
| Figura 6: Distribución Convergente y Divergente..... | 17 |
| Figura 7: Distribución por Proceso..... | 18 |
| Figura 8: Distribución por Producto | 19 |
| Figura 9: POM Software | 27 |
| Figura 10: Diagrama de Precedencia Ejemplo. | 28 |
| Figura 11: Tareas Ejemplos | 28 |
| Figura 12: Ejemplo Gráfico de Precedencia..... | 29 |
| Figura 13: WinQSB Software | 30 |
| Figura 14: Barra de herramientas WinQSB | 34 |
| Figura 15: Procedimiento SLP. | 37 |
| Figura 16: Organigrama Empresarial..... | 45 |
| Figura 17: Área de fundición..... | 46 |
| Figura 18: Mapa de Procesos del Área de fundición CEDAL Aluminio S.A. | 53 |
| Figura 19: Diagrama de precedencia del proceso productivo del Área de Fundición. | 73 |
| Figura 20: Crear Archivo POM..... | 78 |
| Figura 21: Nuevo Proyecto POM | 79 |
| Figura 22: Tabla de Datos | 79 |
| Figura 23: Solución de la tabla de datos. | 80 |
| Figura 24: Métodos de Solución..... | 80 |
| Figura 25: Resultados de las estaciones de trabajo..... | 81 |
| Figura 26: Resumen Estadístico de los resultados..... | 81 |

| | |
|--|-----|
| Figura 27: Respuestas Heurísticas de las estaciones de trabajo. | 82 |
| Figura 28: Mayor Cantidad de Tareas Subsiguientes. | 83 |
| Figura 29: Solución Mayor de la cantidad de Tareas subsiguientes. | 83 |
| Figura 30: Resultado de la eficiencia del balanceo de líneas. | 83 |
| Figura 31: Diagrama de Predencia. | 84 |
| Figura 32: Gráfica del balanceo de lineas del Area de fundicion..... | 84 |
| Figura 33: Diagrama de Precedencia y estaciones de trabajo. | 85 |
| Figura 34: Modelo gráfico actual del flujo productivo. | 86 |
| Figura 35: Pantalla Facility Location and Layout | 95 |
| Figura 36: Especificaciones del problema. | 96 |
| Figura 37: Ingreso de Datos. | 97 |
| Figura 38: Ingreso datos de los criterios específicos en el programa WinQSB. | 97 |
| Figura 39: Opciones de solución. | 98 |
| Figura 40: Solución Layout..... | 99 |
| Figura 41: Layout inicial WinQSB..... | 100 |
| Figura 42: Layout propuesto | 101 |
| Figura 43. Diagrama de hilos - Fundición Cedal propuesta | 113 |
| Figura 44. Diagrama cuadrulado de distribución..... | 115 |
| Figura 45. Arreglo cuadrulado de distribución | 116 |
| Figura 46. Gráfico Punto de equilibrio | 128 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|-----|
| Ecuación 1: Tamaño de la muestra a calcular (número de observaciones). | 23 |
| Ecuación 2: Superficie Total | 34 |
| Ecuación 3: Superficie Estática | 35 |
| Ecuación 4: Superficie Gravitacional..... | 35 |
| Ecuación 5: Superficie de Evolución. | 35 |
| Ecuación 6: Coeficiente promedio de los elementos móviles y estáticos. | 35 |
| Ecuación 7: Calculo del tiempo Básico | 63 |
| Ecuación 8: Cálculo del tiempo Estándar..... | 66 |
| Ecuación 9: Cálculo de las estaciones de trabajos requeridas. | 75 |
| Ecuación 10. Punto de equilibrio | 127 |
| Ecuación 11. Productividad | 129 |
| Ecuación 12. Productividad Propuesta..... | 129 |
| Ecuación 13: Periodo de recuperación de la inversión proyectado..... | 133 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN”.

Autores: Vaca Toapanta Verónica Pilar &
Chanaluisa Chilibingua Edgar Xavier

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad realizar el estudio de la distribución de las instalaciones comprendidas por el Área de Fundición en La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. Latacunga, dedicada a la producción de lingotes de aluminio a partir del proceso de fundición de chatarra recuperada del proceso de extrusión y perfilería rechazada. Cedal S.A es considerada como una de las empresas importantes en el mercado internacional, además de ser una de las empresas líderes en el ámbito comercial ecuatoriano por el tipo de industria metalúrgica.

En primera instancia durante el proceso de investigación se procede a estudiar el diseño del layout del área, para lo cual requiere conocer: la secuencia del proceso productivo, los métodos de producción seguido de los tiempos y distancias empleadas así como la distinción de equipos y máquinas que intervienen para la obtención del producto final lo que permitirá conocer la superficie necesaria, consecuentemente se determina que existen sub procesos con deficiencia productiva debido a la elevada inversión de tiempo. Por otra parte, se considera que se realizan transportes con distancias muy extensas generando tiempos improductivos, además de que los espacios no son aprovechados correctamente y no cumple con ninguna normativa legal vigente. Finalmente, con la aplicación del método Guerchet y SLP, y con la ayuda del software Win QSB se pretende conseguir una redistribución eficiente y se obtuvo la necesidad de un área aproximada de 2.563,248 m² con una inversión para los cambios y adecuaciones de \$136.820,00 con un período de retorno de 2 meses aproximadamente, la productividad se elevaría un 4%.

Palabras claves: Distribución de Planta, tiempos improductivos, uso eficiente de espacios, productividad, seguridad en el trabajo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITLE: "ANALYSIS OF THE PLANT DISTRIBUTION IN THE CASTING AREA OF THE COMPANY CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, TO GENERATE A PROPOSAL FOR REDISTRIBUTION"

Authors: Vaca Toapanta Verónica Pilar &
Chanaluisa Chilibingua Edgar Xavier

ABSTRACT

The purpose of this research work is to study the distribution of the facilities comprised by the Casting Area in the Ecuadorian Aluminum Corporation CEDAL S.A. Latacunga, dedicated to the production of aluminum ingots from the scrap smelting process recovered from the extrusion process and rejected profiling. Cedal S.A is considered one of the important companies in the international market, as well as being one of the leading companies in the Ecuadorian commercial scope for the type of metallurgical industry.

In the first instance during the research process, we proceed to study the design of the layout in the area, for which it requires knowing: the sequence of the production process, the production methods followed by the times and distances used, as well as the distinction of equipment and machines. that intervene to obtain the final product which will allow knowing the necessary surface, consequently it is determined that there are sub processes with productive deficiency due to the high investment of time. On the other hand it is considered that transport is carried out with very long distances generating unproductive times, in addition to the spaces are not used correctly and does not comply with any current legal regulations. Finally, with the application of the Guerchet and SLP method, and with the help of the Win QSB software, an efficient redistribution is sought and the need for an approximate area of 2,563,248 m² was obtained with an investment for changes and adjustments of \$ 136,820, 00 with a return period of approximately 2 months, productivity would rise by 4%.

Keywords: Plant distribution, unproductive times, efficient use of spaces, productivity, safety at work.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los Sres.: **Vaca Toapanta Verónica Pilar** con C.C. **055000850-2** & **Chanaluisa Chilingua Edgar Xavier** con C.C. **050380959-2** egresados de la carrera de Ingeniería Industrial: cuyo título versa “**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A. LATACUNGA, PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2019

Atentamente.

MSc. Diana Karina Taipe Vergara

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 172008093-4



1. INFORMACIÓN GENERAL.

Título del Proyecto:

Análisis de la distribución de planta del área de fundición de la empresa Cedal Aluminio S.A. Latacunga, para generar una propuesta de redistribución.

Fecha de inicio:

Octubre 2018

Fecha de finalización:

Febrero 2019

Lugar de ejecución:

Av. Unidad Nacional y Manuelita Sáenz, parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, Zona 3, Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Bladimiro Hernán Navas Olmedo. MSc

Autores: Verónica Pilar Vaca Toapanta & Chanaluisa Chilingua Edgar Xavier.

Área de Conocimiento:

- Este proyecto se relaciona de acuerdo a los campos de las ciencias y las tecnologías de la UNESCO:
- Plan Nacional del Buen Vivir, de acuerdo al:
 - Eje 2. Sistema Económico Sostenible al Servicio de la Sociedad y el Ambiente.
 - Objetivo 5. Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sustentable de manera redistributiva y solidaria.

Política pública 5.2. Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos nacionales, como también la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para generar valor agregado y procesos de industrialización en los sectores productivos con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación.

- Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se relaciona con la cuarta línea:
 - Procesos Industriales.
- Líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Industrial se relaciona con la primera línea:
 - Procesos productivos.
- Sub línea de la Carrera de Ingeniería Industrial:
 - Optimización de los procesos productivos.

1.1. Descripción de Proyecto.

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo debe cumplir con determinados propósitos, con en el presente estudio de distribución de planta se pretende la consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de recursos humanos
- Reubicación de maquinarias
- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo

De ahí surge la idea: ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN EL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CEDAL ALUMINIO S.A LATACUNGA, que se ajuste a las necesidades de la empresa y que sea un pilar fundamental en su desarrollo.

Al empezar con el progreso del proyecto de titulación se realizará un estudio del problema manifestado por el Jefe del área de Fundición, sus antecedentes, así como los productos que se obtienen en dicha área. Posteriormente se procederá a realizar un diagnóstico de la situación actual del área de fundición identificando el número de trabajadores en conjunto a sus funciones, la organización de distribución de planta, tipos de distribución de planta, funcionamiento de maquinarias y equipos, análisis de tiempos para la implementación de un sistema de hojas de control programación y control de la producción, este diagnóstico es un apoyo primordial en la consecución del presente proyecto de titulación.

Como antepenúltimo punto dentro de la investigación del proyecto con los datos obtenidos del diagnóstico se empezará a recopilar información sobre la aplicación del adecuado tipo de distribución de planta para esta área de acuerdo a las exigencias que presenta como empresa industrial. Al analizar la planificación, programación y control de la producción, se ha propuesto al Jefe del área de Fundición de la empresa CEDAL Aluminio S.A realizar una propuesta que le permita identificar cambios dentro de la distribución de planta del área, sin alterar los procesos de producción existente en la empresa.

Como punto final se presentará el costo de la inversión al determinar que la propuesta de redistribución es adecuada y represente un excelente costo beneficio en relación con el periodo de recuperación de la inversión en caso de existir la implementación.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto de investigación es de utilidad exclusiva para el Área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. Latacunga, ya que el jefe del área por varios años consecutivos de dicha empresa se ha propuesto mejorar los sitios de trabajo considerando los aspectos de espacio y expansión de maquinaria, a través de una propuesta de redistribución de planta (layout) que brinde un ambiente laboral más eficiente, incrementando de manera óptima el correcto manejo y traslado de los materiales en proceso, la correcta ubicación de la maquinaria permite, reducir los tiempos inactivos de los operadores y que los procesos productivos se estructuren de una forma eficaz.

Dicho de otra forma, la presente investigación accede escalar el área de la empresa por una línea más tecnificada por lo que la misma genera una gran huella que contribuye al mejoramiento de la producción y de los puestos de trabajo, con lo que se logra reducir los problemas e inconvenientes que se presentan. La importancia de la investigación es que permite conjugar de manera óptima los conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje con la utilización de información clara, precisa y enfocada en el tema y aplicarlos realizando la propuesta de redistribución del área anhelando resultados extraordinarios.

El presente trabajo de investigación es viable de realizarlo ya que se dispone de los conocimientos teóricos necesarios, facilidad para acceder a información con respecto al área de estudio, a recursos tecnológicos como softwares y además se cuenta con el apoyo del jefe del área completamente especializado en el tema, a lo que también se dispone de apertura por parte del gerente de la empresa y de los trabajadores para obtener la información requerida y datos

necesarios que implican el desarrollo investigativo. Adicionalmente se puede manifestar que la inversión económica no representa ser significativa a simple vista por lo que está al alcance de los autores por ende se lo puede efectuar sin inconveniente alguno.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

3.1. Beneficiarios directos.

Son considerados como beneficiarios directos a todos los trabajadores que pertenecen al Área de Fundición, se interpreta en la tabla 1.

Tabla 1: Beneficiarios directos – Área de fundición Cedal S.A.

| Descripción | N.º de trabajadores |
|--------------------------|----------------------------|
| Jefe de planta fundición | 1 |
| Asistente | 1 |
| Jefe de turno | 3 |
| Especialista | 3 |
| Operador de montacargas | 3 |
| Ayudante 1 (horno) | 3 |
| Ayudante 2 (sierra loma) | 3 |
| Briqueteadora (ayudante) | 1 |
| Total | 18 |

Fuente: Elaborado por los autores.

3.2. Beneficiarios Indirectos:

- Toda la Corporación Ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A (224 personas)
- Otras empresas con similares procesos.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Al estar relacionadas las actividades productivas de la toda la planta CEDAL S.A con el proceso de fundición de aluminio, que es la actividad que da inicio al proceso productivo, en el cual a partir del aluminio líquido (colada), se logra la obtención de lingotes¹ que son extruidos

¹ Se denomina lingote al cilindro de aluminio fundido, que luego de estar en estado líquido, pasa al estado sólido por la acción refrigerante del agua.

posteriormente. Además, dependiente con la demanda del mercado, razón por la cual es de vital trascendencia mantener un ambiente laboral completamente adecuado en cuanto a espacios físicos para el desarrollo de las actividades, permitiendo cumplir con las exigencias de la demanda, de ahí la necesidad de recurrir a un previo estudio a los factores que afectan a la productividad con relación al sistema y proceso productivo.

Los principales problemas han estado presentes desde la creación de la planta, debido a que no se consideró aspectos de conocimientos técnicos en espacios físicos, recorridos, tiempos, métodos, procesos y seguridad en el trabajo. Es decir, la ubicación de los puestos de trabajo se acomodó en función a las necesidades de la empresa y trabajadores de una manera empírica, creando un ambiente laboral con alto índice en riesgos físicos, mecánicos y ergonómicos en la integridad de sus colaboradores dando como consecuencia la excesiva distancia a recorrer en el flujo de trabajo, acumulación de materiales en el puesto de trabajo, tiempos improductivos, deficiente utilización del espacio. En tal sentido, no existe el desenvolvimiento del personal operativo de una manera eficiente, un claro ejemplo se puede observar en el corto espacio que dispone la separación entre el horno de fundición y el horno de homogenizado ya que al ser procesos que disponen de materia con longitud extensa impide el desplazamiento adecuado entre las maquinas haciendo que el montacargas se acople a maniobras al trasportar de dicho elemento de una máquina a otra.

La inexistencia de una correcta distribución del área de fundición, genera un deficiente proceso productivo, como resultado de esto un elevado tiempo improductivo de traslado de materiales en proceso, baja productividad. Los elevados tiempos de producción de los elementos requeridos provoca un retraso en el tiempo de entrega de los pedidos y a la vez crea malestar en los clientes, en consecuencia, elevan los costos de producción y el desperdicio de recursos económicos, tecnológicos y humanos.

4.1. Formulación del Problema.

¿Cómo redistribuir las instalaciones del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, para el aprovechamiento del espacio físico, con el fin de mejorar la productividad?

5. OBJETIVOS:

5.1. General.

- Analizar la distribución actual del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A planta Latacunga, para generar una propuesta de redistribución con correcta utilización de los espacios físicos mediante la aplicación del método Guerchet y el método de planificación sistemática de layout (SLP).

5.2. Específicos:

Para el alcance del Objetivo General se ha planteado los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar el proceso actual mediante la aplicación de diagramas, para la asimilación que conlleva la producción de billets de aluminio.
- Medir los procesos de producción para la optimización del desempeño en la oferta del producto.
- Establecer una propuesta de redistribución eficiente y segura de las instalaciones para un óptimo desempeño del área de fundición.
- Determinar la factibilidad del proyecto mediante la evaluación del impacto económico para la posible implementación.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 2. Actividades a realizar, técnicas e instrumentos usados y resultados esperados.

| Objetivos | Actividad | Resultado de la actividad | Técnicas e instrumentos utilizados. |
|--|---|---|---|
| Estudiar el proceso actual mediante la aplicación de diagramas, para la asimilación que conlleva la producción de billets de aluminio. | Visita in situ y recorrido por el proceso productivo del área de fundición. | Proceso productivo identificado. | Observación Directa. Recopilación de datos. |
| | Indagación de características en general del área. | Esclarecimiento del proceso productivo actual. | Formulario de preguntas frecuentes. (anexo 9) |
| | Estudio del método de trabajo actual. | Representaciones gráficas del proceso productivo actual del área. | Diagramas de flujos. Diseño de diagramas de flujo por el Software en línea Lucid chart. |
| | Descripción del Layout actual de la Panta de Producción. | Recorrido Actual del proceso productivo. | Layout o plano con dimensionamiento. Diagramas de recorrido Curso grama Analítico |
| Medir los procesos de producción para la optimización del desempeño en la oferta del producto. | Medición directa de tiempos sobre distancias sintéticamente en las principales actividades del proceso productivo del área. | Conocimiento del tiempos y distancias en total empleado por el proceso productivo del área. | Instrumento de medición (medidor de tiempos cronometrados CASIO-T300). Instrumento de medición (medidor de distancias STANLEY-DHS). Calculo de tiempos. |
| | Balanceo de líneas en el proceso productivo del área. | Número de estaciones requeridas en el proceso productivo. | Diagrama de precedencia. Fórmula tiempo de ciclo. Fórmula estaciones de trabajo. Software POM-QM (Balanceo de líneas). |
| | Análisis de las instalaciones en las que se desarrollan las principales actividades del proceso productivo del área. | Sugerencia de cambio de instalaciones con porcentaje de mejora. | Fórmula costo mano de obra. Fórmula costo de traslado de maquinaria y material. Software Windows Win QSB |

| | | | |
|--|---|--|--|
| Establecer una propuesta de redistribución eficiente y segura de las instalaciones para un óptimo desempeño del área de fundición. | Estudio de definiciones en cuanto a lineamientos necesarios para la distribución de plantas. | Condiciones de distribución de las instalaciones eficiente y segura. | Decreto ejecutivo 2393. Norma NTE INEN 1 152 Norma NTE INEN 2 244. Norma NTE INEN2 067. |
| | Cuantificación de superficies ocupadas por maquinaria, equipos, muebles e instalaciones a considerar. | Área total requerida. | Aplicación método Guerchet. Software Excel. |
| | Elaboración de la propuesta de redistribución. | Layout y diagrama de recorrido de la propuesta de redistribución. | Aplicación del método SLP. Diagrama de relaciones. Diagrama de Hilos. Diagrama de recorrido. Software en línea Lucid chart - Layout propuesto. |
| Determinar la factibilidad del proyecto mediante la evaluación del impacto económico para la posible implementación. | Estimación de costos que intervendrán en el procesos de redistribución. | Costos de Inversión al implementar la propuesta. | Formulario de preguntas con respecto a costos (anexo 10). |
| | Identificación de costos fijos, costos variables y costos de venta dentro del proceso productivo. | Periodo de recuperación por implementar la propuesta. | Fórmula punto de Equilibrio (Ecuación 10). |
| | Medición de la productividad actual y propuesta. | Incremento de la productividad. | Fórmula de la productividad (Ecuación 11). |

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla 2, se muestra la relación existente de los objetivos específicos con las actividades a realizarse, los métodos y los resultados esperados para el logro del objetivo general de la investigación.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

7.1. Antecedentes Empresariales

Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A

Figura 1: Logotipo de la empresa CEDAL S.A.



Fuente: Página web CEDAL S.A., Latacunga. Disponible en: <http://www.cedal.com.ec>.

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. es una compañía ecuatoriana constituida en 1974, con el fin de producir y comercializar perfiles estructurales y arquitectónicos de aluminio. CEDAL es ampliamente reconocida en el mercado nacional y extranjero por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa y su valiosa contribución al desarrollo de la industria del aluminio y la construcción en el Ecuador.

Sus productos de perfilería de aluminio estructural en la actualidad se han convertido en el producto sustituto al hierro en aplicaciones como: cubiertas para estadios, viseras, puentes peatonales, silletería, estructuras espaciales, entre otros.

Mediante su empresa filial C.I. VITRAL, empresa comercializadora de perfilería de aluminio, cuenta con tres centros de distribución propios en las ciudades de Bogotá, Cali y distribuidores con cobertura nacional.

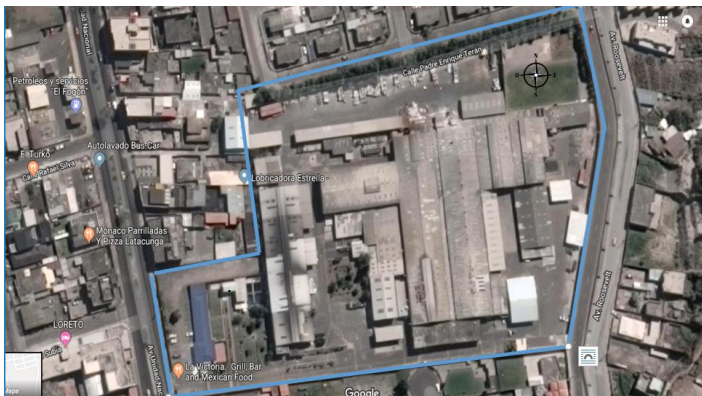
Con la iniciativa de fortalecer, competir y participar en el sector de la construcción con sus productos en el mercado en 1986, se crea ESTRUSA, empresa líder en la fabricación y montaje de sistemas de ventanería, estructuras de aluminio y vidrio en Ecuador, ofreciendo productos y servicios que integran soluciones con ingeniería y diseño. En 1992 se constituye el grupo "Corporación Empresarial S.A. CORPESA", holding que agrupa en la actualidad unidades estratégicas de negocio comprendidas por: CEDAL, ESTRUSA, ESTRUSA Guayaquil, C.I. VITRAL y CEDAL DURÁN.

Para el año 2006 inició un programa de innovación de nuevos sistemas de ventanería de alta prestación, que ha permitido ampliar la cobertura y uso de la perfilería de aluminio en el mercado colombiano. En el año 2012 se implementa una nueva fábrica extrusora de aluminio, en la Provincia del Guayas llamada Cedal Durán dentro de un terreno de 65.000 m², compartiendo con el centro de distribución de Cedal e instalaciones de ESTRUSA Guayaquil. Con esta nueva fábrica se logró duplicar la capacidad instalada a 18.000 TON/año en extrusión. (CEDAL Aluminio, 2017).

7.2 Planta CEDAL Latacunga.

La planta Latacunga se encuentra ubicada en la Av. Unidad Nacional S/N, parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Figura 2: Ubicación planta Cedal S.A. Latacunga.



Fuente: Google Maps.

(CEDAL Aluminio, 2018) manifiesta que la fábrica de Latacunga dispone de un horno de fundición de doble cámara de operación continua (11.000t/a) dos líneas de extrusión de 7" (11.500t/a), una línea de anodizado, una línea de pintura electrostática horizontal, una planta de tratamiento de flujos líquidos.

Las fases que intervienen en el proceso productivo de la Planta CEDAL Latacunga, se detallan en los siguientes apartados.

7.2.1. Fundición.

El aluminio recuperado del proceso de extrusión y perfilería rechazada son nuevamente fundidos, manteniendo las características de la aleación mediante estrictos controles metalúrgicos.

7.2.1. Extrusión.

La materia prima ingresa al proceso de extrusión. Los lingotes de aluminio se calientan a 480 y 550°C y por la compresión son forzados a pasar a través de la apertura de una matriz. Ésta dará la forma al perfil de aluminio.

7.2.2. Anodizado.

El anodizado es un proceso electroquímico a través del cual, se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, a este se le puede impartir varias tonalidades cromáticas.

7.2.3. Pintura Electrostática.

Una capa de pintura en polvo se deposita electroestáticamente sobre el perfil para luego ser curada en un horno, donde las partículas de pintura se unen con otras formando una sola película uniforme en espesor.

7.2.4. Empaque y Despacho.

CEDAL empaqueta todos sus productos en fundas de polietileno, con el fin de evitar que las piezas sean dañadas en el proceso de transportación desde la salida de la planta hasta sus puntos de distribución.

7.2.5. Matricería.

La matricería que se utiliza en el proceso de Extrusión es importada, CEDAL cuenta con más de 3300 diseños diferentes de matrices, de los cuales muchos son diseños y de uso exclusivo de sus clientes.

7.2.6. Planta de Tratamiento.

CEDAL cuenta con una planta de tratamiento certificada para descargas líquidas que garantizan el cuidado del medio ambiente.

7.3. Distribución de Planta o Layout

Para los autores De la Fuente & Fernández (2015) manifiestan que la distribución en planta consiste en el ordenamiento físico de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de las empresas; en la distribución de área, en la determinación de las

figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. También es un compromiso entre los recursos que se poseen y los bienes y/o servicios que se requieren proporcionar.

Con lo definido, se establece que la distribución de planta es la ordenación de los equipos industriales y de espacios necesarios para que un sistema productivo alcance sus objetivos con la eficiencia adecuada aplicando técnicas, métodos en el diseño de la distribución de las áreas físicas en una maqueta o dibujo, considerando que es la solución óptima de los centros de trabajo que incluyan los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores y las actividades o servicios de la maquinaria, logrando mejorar los tiempos y distancias improductivas.

La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico (Chaese & Aquilano, 2002, pág.374).

7.3.1. Importancia de la Distribución de Planta o Layout.

Consta en minimizar variables cuantitativas de los costes operativos, tiempo, distancia, etc. En tal virtud, varios autores concluyen de manera concreta en los siguientes conceptos.

En palabras de los autores Mallick & Gandreau (2018) afirman que la distribución de planta sirve para permitir el flujo rápido de material, reducir los costes operativos totales y la mínima manipulación posible, desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado (pág. 230).

De otra forma la distribución de planta, permite que los procesos de fabricación se lleven a cabo de la manera más económico mediante la representación gráfica del flujo del proceso de acuerdo a los recorridos, a la menor distancia posible y en el menor tiempo posible.

7.3.2. Objetivos de la Distribución de Planta o Layout

- ✓ Minimizar los costes del manejo de materiales.
- ✓ Utilizar el espacio disponible de la manera más efectiva.
- ✓ Simplificar al máximo el proceso productivo.
- ✓ Promover la seguridad en el trabajo y aumentar la satisfacción del personal.
- ✓ Estimular a los operarios para aumentar el rendimiento.
- ✓ Evitar inversiones innecesarias.

- ✓ Disminuir al máximo el trabajo en curso (More, 2013, pág. 34).

Es necesario e indispensable realizar una redistribución en planta para contrarrestar posibles causas en el diseño de un nuevo sistema productivo (total o parcialmente), y en la reordenación de la distribución de un sistema ya existente.

Los motivos que conducen a una redistribución en planta son:

- ✓ Cambios en el volumen de la producción
- ✓ Cambios en la tecnología de los procesos
- ✓ Cambio en los procesos
- ✓ Cambios en el producto (Mallick & Gandreau, 2018, pág.232).

7.3.3. Causas de una nueva Distribución de Planta o Layout.

Las Causas concretas de una nueva distribución de plantas resumen en el siguiente párrafo. Así, la frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso. Los síntomas que ponen de manifiesto las necesidades de recurrir a una redistribución de una planta productiva son:

- ✓ Congestión y deficiente utilización del espacio.
- ✓ Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- ✓ Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- ✓ Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- ✓ Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- ✓ Ansiedad y malestar de la mano de obra.
- ✓ Accidentes laborales.
- ✓ Dificultad de control de las operaciones y del personal.

7.3.4. Factores de la distribución de la planta.

Según Chaese & Aquilano (2002) afirman que un diseño puede variar enormemente de una industria a otra. La posibilidad de conseguir la mejor distribución posible es directamente proporcional a los siguientes factores:

El peso, volumen o movilidad del producto:

Si el producto final es bastante pesado o difícil de manejar, implicando equipos de manipulación de materiales costosos o una gran cantidad de mano de obra, la consideración importante será mover el producto lo menos posible; por ejemplo, el caso de calderas, turbinas, industrias de locomotoras y compañías constructoras de caderas, etc.

Complejidad del producto final

Si el producto está compuesto por un gran número de componentes y piezas, hay que intentar reducir el espacio, en la medida de lo posible, de la manipulación del movimiento de estas piezas de taller a taller, de máquina a máquina o de un punto de montaje a otro; por ejemplo, en la industria del automóvil.

La longitud del proceso en relación con el tiempo de manipulación:

Si el tiempo de manipulación del material representa una proporción apreciable del tiempo total de fabricación, cualquier reducción en el tiempo de manipulación del producto puede dar lugar a una gran mejora de la productividad de la unidad industrial, por ejemplo, en el caso de una Industria de Turbinas de Vapor.

La medida en que el proceso tiende hacia la producción en masa:

Cuando se utilizan máquinas automáticas en las industrias para producir en masa, el volumen de producción aumenta. En vista de la alta producción, un mayor porcentaje de mano de obra manual se dedicará al transporte de la producción, a menos que el diseño sea bueno (p.73).

De acuerdo al autor Pierre (2012) señala que al integrar los factores anteriores con las características de operación y las necesidades de las empresas surgen diferentes tipos de distribución en planta, que se agrupan bajo dos puntos de vista:

- ✓ Bajo el punto de vista del tipo de industria.
- ✓ Bajo el punto de vista del tipo de organización de la producción (pág. 56).

7.3.5. Equipos Industriales

Los equipos industriales es cualquier elemento que necesite un espacio y que intervenga en un proceso productivo están los elementos como:

- Máquinas
- Equipos de transporte
- Elementos de tratamiento
- Instalaciones auxiliares
- Etc.

Los espacios necesarios complementarios en el proceso están comprendidos por:

- Almacenes
- Pasillos
- Oficinas
- Áreas de acceso
- Zonas de trabajo
- Áreas de descanso (Chaese & Aquilano, 2002, pág.375)

7.4. Según el Tipo de Industria

7.4.1. Mono lineales:

La fabricación se realiza a lo largo de un circuito único, donde los productos se desplazan sucesivamente. Este tipo de distribución se emplea para tratar materias primas en la elaboración de productos únicos.

En la Figura 3 se puede observar como la materia prima es una sola y el producto obtenido es uno sólo. Todos los productos realizan el mismo recorrido (Fernández, 2013, pág. 79).

Figura 3: Distribución Mono lineal



Fuente: Fernández (2013). Desarrollo de una herramienta informática basada en el algoritmo CORELAP para la optimización de distribuciones en planta.

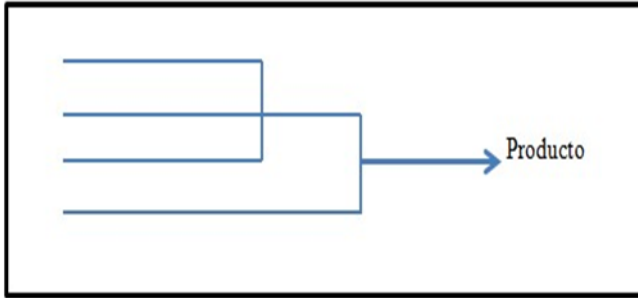
7.4.2. Convergentes o sintéticas:

En este tipo de distribución, los productos semiacabados o materias primas llegan de diferentes puntos, convergiendo todos a una línea final de montaje.

Se requieren de varios insumos para la fabricación, pero ellos no se integran desde un principio. Pueden tener operaciones o procesos a través de circuitos o líneas. Estos circuitos se van integrando produciendo en algunos casos otros procesos con productos intermedios hasta llegar al producto terminado (Aliendre , 2015, pág. 102).

En la Figura 4 las materias primas pueden arribar de diferentes procedencias.

Figura 4: Distribución Convergente



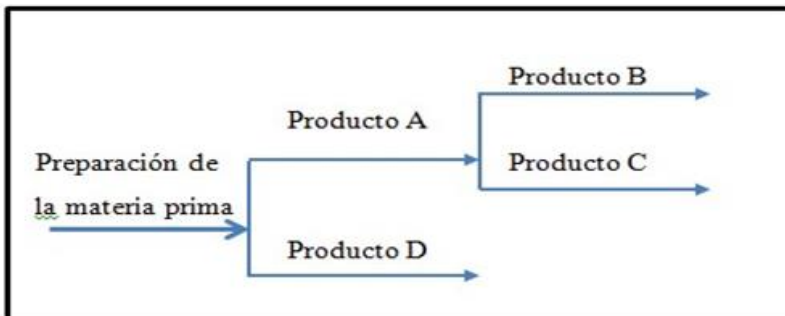
Fuente: Aliendre (2015). Distribución de Instalaciones, España: Editex, 2015.

7.4.3. Divergentes o Analíticas:

Son industrias que utiliza un sólo tipo de materia prima. Está sufre procesos de refinación que generan productos en cada etapa de la refinación. La materia prima a lo largo del proceso, diverge en diferentes líneas originando una serie de productos diferentes (Aliendre , 2015, pág. 103).

Una misma materia prima en el proceso en diferentes líneas de fabricación obteniéndose productos diferentes como se explica en la Figura 5.

Figura 5: Distribución Divergente.



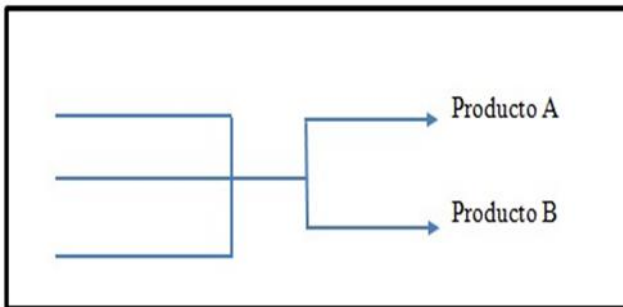
Fuente: Aliendre (2015). Distribución de Instalaciones, España: Editex, 2015.

7.4.4. Convergente y divergente:

Este tipo de distribución es un híbrido de los antes mencionados. Consiste en que las materias primas en diferentes procesos convergen en un producto intermedio para luego divergir en diferentes productos particulares (Aliendre , 2015, pág. 107).

En la Figura 4 se define claramente diferentes materias primas, proceso de producto intermedio luego diverge, y forma distintos productos terminados

Figura 6: Distribución Convergente y Divergente



Fuente: Aliendre (2015). Distribución de Instalaciones, España: Editex, 2015.

7.5. Según el tipo de organización de la Producción:

Existen cuatro tipos básicos de distribuciones en planta:

7.5.1. Distribución por Procesos:

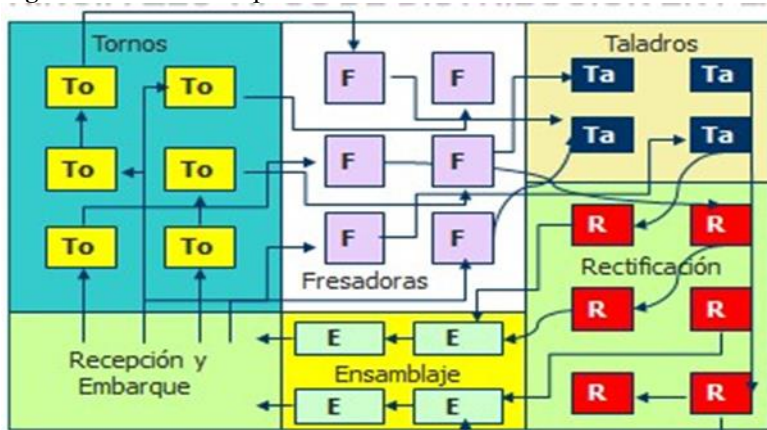
Llamada también Distribución de Taller de Trabajo o Distribución por Función. Operarios y máquinas de producción están organizados en un mismo espacio físico de acuerdo al tipo de actividad. Se agrupan el equipo o las funciones similares. De acuerdo con la secuencia de operaciones establecida, una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación como se observa en la Figura 5. La técnica más común para obtener una distribución por proceso, es acomodar las estaciones que realizan procesos similares de manera que se optimice su ubicación relativa (Salas, 2015, pág. 73).

Esta es la distribución en la cual todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, es decir que éste sistema se utiliza frecuentemente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto, como lo es el caso talleres de mantenimiento e industrias (Salazar, 2016, pág. 210). En la Tabla 3 se detalla los aspectos positivos y negativos de esta distribución.

Tabla 3: Distribución por Proceso. Ventajas e Inconvenientes.

| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|---|---|
| Menor inversión en maquinaria: menor duplicidad. | Dificultad a la hora de fijar las rutas y los programas. |
| Elevada flexibilidad. | Más manipulación de materiales y costes más elevados. |
| Mejora del proceso de control. | Dificultad de coordinación de los flujos de materiales y ausencia de un control visual. |
| Reducidos costes de fabricación. | El tiempo total de fabricación. |
| Las averías en la maquinaria no interrumpen todo el proceso. | El inventario en curso es mayor. |

Fuente: Salazar (2016). Distribución de planta. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Figura 7: Distribución por Proceso

Fuente: Salazar (2016). Distribución de planta. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

7.5.2. Distribución por Producto o en Línea:

Llamada también distribución de Taller de Flujo. Es aquella donde se disponen el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. Si el equipo se dedica a la producción continua de una pequeña línea de productos, por lo general se le llama Línea de Producción o Línea de Montaje.

Por taller de flujo se hace referencia a un sistema de producción dispuesto para que fluyan con mayor facilidad los productos dominantes. Aquí la gama de productos es mayor que el de las líneas de producción y el equipo no es tan especializado. La producción tiende a ser por lotes de cada artículo, en vez de una secuencia mezclada continua. Se adecua para grandes volúmenes. En este tipo de distribución, es el material que se desplaza mientras que las máquinas y operarios de producción están fijos como se aprecia en la Figura 6. El material sigue la secuencia de la línea de producción de uno en uno. Se emplea usualmente en los casos en

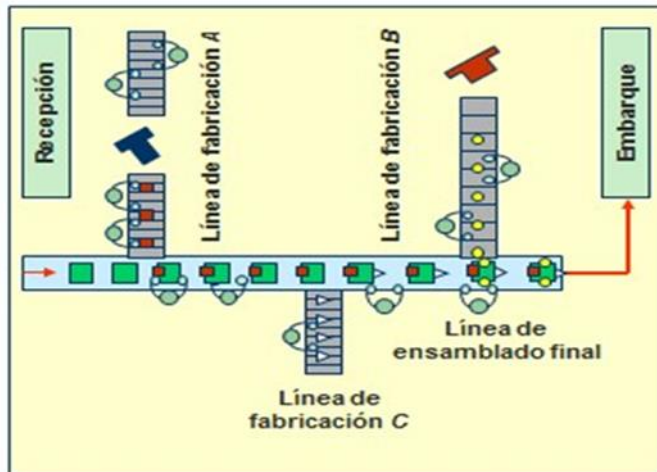
que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos estandarizados, o en la fabricación de productos específicos que tienen como base un producto genérico (Salazar, 2016, pág. 134). En la Tabla 4 describen las ventajas y desventajas de usar la distribución por producto.

Tabla 4: Distribución por Producto. Ventajas e Inconvenientes.

| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|--|--|
| Menores retrasos (rutas directas). | Elevada inversión en maquinaria: duplicidades. |
| Tiempo total de fabricación menor. | Menor flexibilidad. |
| Menores cantidades de trabajo en curso. | Costes más elevados. |
| Menor manipulación de materiales. | Peligro que se pare toda la línea de producción si una máquina sufre una avería. |
| Menor superficie de suelo ocupado por unidad de producto. | |

Fuente: Salazar (2016). Distribución de planta. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Figura 8: Distribución por Producto



Fuente: Salazar (2016). Distribución de planta. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

7.5.3. Distribución de Posición Fija:

El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto. Tantas máquinas de producción y el equipo convergen en el punto donde se desarrolla el proceso productivo. Se localiza la maquinaria, materiales y herramientas según la frecuencia de uso (Becerra, 2017, pág. 133).

La distribución de materiales, máquinas y herramientas suele adoptar una estructura en sitio fijo, donde en los círculos más alejados del producto se sitúan los materiales y herramientas menos utilizados, localizándose en las proximidades del producto aquellas máquinas, materiales y herramientas empleados de forma más habitual en su fabricación o construcción

(Solís, 2011, pág. 87). Las principales características de la distribución fija se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5: Distribución por Posición Fija. Características.

| | |
|---|--|
| Proceso de trabajo | Puestos de trabajo instalados con carácter provisional y junto al elemento principal que se fabrica. |
| Material en curso de fabricación | El material se lleva al lugar de montaje. |
| Versatilidad | Adaptación fácil a variaciones. |
| Cualificación de mano de obra | No debe ser muy cualificada. |

Fuente: Solís (2011). Planificación de obras, España: Editex.

7.5.4. Distribuciones Híbridas (Las células de Trabajo):

Agrupa máquinas diferentes en centros de trabajo (o celdas), para trabajar sobre productos que tienen formas y necesidades de procesamiento similares. El objetivo general es obtener los beneficios de una distribución por producto en la producción de tipo de taller de trabajos.

Este tipo de distribución es un híbrido. Consiste en que las materias primas en diferentes procesos convergen en un producto intermedio para luego divergir en diferentes productos particulares. La tecnología de grupo, se parece a la distribución por proceso, ya que se diseñan las celdas para realizar un conjunto de procesos específicos. También es semejante a la distribución por producto, pues las celdas se dedican a una gama limitada de productos (Salas, 2015, pág. 87).

(Vallhonrat & Corominas, 2010, pág. 39) manifiesta que se usa cuando los volúmenes de producción para cada producto particular no son suficientes como para justificar una distribución de producto, mientras que, si se agrupan de forma lógica ciertos productos en familias, la distribución de producto puede ser adecuada para cada familia. De esta manera, cada grupo homogéneo de productos se destinará a un grupo o subdivisión de trabajo, que funcionará de forma autónoma de los demás y completará, total o de forma mayoritaria, el proceso. En la Tabla 6 se anotan las ventajas e inconvenientes de usar la distribución por células de trabajo.

Tabla 6: Distribución por Células de Trabajo.

| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|--|--|
| Simplificación de los tiempos de cambio de la maquinaria. | Duplicidad de equipamientos. |
| Reducción del tiempo de formación. | Dificultad para establecer células de fabricación en determinados tipos de procesos. |
| Reducción de los costes asociados al flujo de materiales. | Mayor inversión en maquinaria, equipamiento y superficie. |
| Reducción de los tiempos de fabricación. | Necesidad de trabajadores polivalentes. |

Fuente: Vallhonrat & Corominas (2010). Distribución en Planta. Localización, España: Santillana

7.5.5. Distribución justo a tiempo

Una línea de flujo semejante a una línea de montaje: Se disponen en secuencia el equipo y las estaciones de trabajo.

Una distribución por proceso o taller de trabajo: El objetivo es simplificar el manejo de materiales y crear rutas normales que enlacen el sistema con movimiento frecuente de materiales (Becerra, 2017, pág. 76).

7.6. Medición del Trabajo.

(Caso, 2012) define a la medición del trabajo consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en realizar una tarea definida basándose en una norma de ejecución preestablecida. La medida del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar, si es posible, el tiempo en el que no se realiza trabajo productivo alguno (tiempo improductivo), sea cual sea la causa; además sirve para fijar los tiempos estándares de ejecución de una determinada tarea (pág. 14-18).

La medida de tiempos tiene interés en relación a cuatro elementos:

1. En relación a la maquinaria empleada en la industria
2. En relación al personal
3. En relación a la producción
4. Para la dirección de la empresa (Aguirre & Rodriguez, 2011, págs. 7-8).

7.6.1. Técnicas para la medición del trabajo.

Todas las organizaciones requieren algún tipo de estimaciones de tiempos; el conocimiento de los tiempos juega un papel esencial en el diseño, mejora y comparación de métodos, así como en la planificación, control y cálculo de presupuestos (Quesada, Gonzáles, & Julio, 2012, págs. 56-58).

Existen muchos procedimientos para determinar los tiempos y los ritmos en las actividades, la elección del adecuado dependerá del costo de su determinación y de los beneficios del mismo. Entre los principales tenemos los siguientes:

7.6.2. Métodos en los que no se utilizan medidas de tiempo.

Estimación:

Cálculo de tiempo estándar subjetivo, el mismo suele ser dado por aquellas personas que tienen gran experiencia en la ejecución de trabajos similares.

Datos Históricos:

Cálculo de tiempos de ejecución estadísticamente mediante una curva de distribución del histórico de datos recopilados o a través de una media ponderada. Cuando la tarea es completamente nueva y o existen datos históricos, se realiza comparándola con otra parecida. Cuando algunos administradores no cuentan con técnicas formales, emplean el desempeño de experiencia anterior como su lineamiento principal para formar estándares (Quesada, Gonzáles, & Julio, 2012, pág. 87).

7.6.3. Métodos en los que sí se utilizan medidas de tiempo.

Muestreo del trabajo:

Este sistema se utiliza cuando hay que calcular los tiempos de un gran número de tareas realizadas en puestos de trabajo diferentes. Es preciso disponer de un reloj registrador de tiempos para determinar el inicio y finalización de una tarea (hora).

Estudio de tiempos con cronómetro:

El estudio de tiempos generalmente se lleva a cabo con un cronómetro bien sea analizando el lugar de trabajo o una película del mismo. El procedimiento pasa por separar el trabajo o tarea en elementos mesurables, y registrar el tiempo de cada elemento. Después de varias repeticiones, se promedian los tiempos obtenidos de cada elemento. Finalmente, se obtiene el promedio de la tarea (Caso, 2012, págs. 14-18).

La precisión del estudio de tiempos depende del número de ciclos cronometrados:

Cuantos más ciclos se estudien, más preciso es el estudio. Prácticamente en todo trabajo de estudio de tiempos se propone una precisión $\pm 5\%$, con un nivel de confianza del 95%, por lo que la pregunta es ¿Cuántos ciclos hay que estudiar para llegar a este grado de precisión?

Para encontrar este valor se aplica el método estadístico donde requiere que se efectúen cierto número de observaciones preliminares (n'), para luego poder aplicar la siguiente ecuación 1, nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$ (Kanawaty, 2009, pág. 125).

Ecuación 1: Tamaño de la muestra a calcular (número de observaciones).

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \Sigma^2 - (\Sigma)^2}}{\Sigma x} \right) 2 \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar.

Σ = Sumatoria de los valores

x = Valor de las observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45%.

Tiempos predeterminados:

Este análisis suprime por completo la necesidad de realizar estudios de tiempo. Divide cada elemento de trabajo en una serie de micro movimientos, junto con modificaciones para algunas variables de trabajo. Cada micro movimiento está determinado en unidades para medir el tiempo (TMU). Una TMU equivale a 0.0006 minuto (Krajewski & Ritzman, 2015, pág. 576).

Datos tipo:

De una manera muy parecida a los tiempos predeterminados, se miden y se calculan tiempos con ayuda de tablas que elaboran en la propia empresa y cuyos valores se han determinado con cronómetro (Caso, 2012, pág. 86).

7.7. Capacidad de Producción.

La tasa de producción de un sistema es el número promedio de unidades de flujo que salen del sistema por unidad de tiempo. La administración adecuada de la tasa de producción incide de

manera importante en la rentabilidad de la empresa, ya que la producción excesiva conduce a costos innecesarios por altos inventarios y a reducciones en precio mediante promociones; por otro lado, la producción insuficiente no permite aprovechar la demanda del producto en beneficio de la rentabilidad de la empresa.

Se puede aludir que el límite de la tasa de producción de un sistema viene establecido por la capacidad de producción haciendo referencia al máximo nivel de producción que puede soportar una unidad productiva concreta siempre y cuando se encuentre en circunstancias normales de funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado. Se expresa en unidades relacionadas con periodos de tiempo: horas máquina diarias, horas hombre por semana, volumen anual, etc. Además, evalúa si los equipos e instalaciones permanecen inactivos o han sido utilizados en su totalidad. Lo más adecuado generalmente es adoptar una capacidad productiva flexible que permita ajustarse a cambios en los volúmenes de producción (Muñoz, 2013, pág. 132).

7.8. Consideraciones sobre la capacidad

Para tomar una buena decisión sobre la capacidad hay que tener en cuenta cuatro consideraciones especiales.

Prever exactamente la demanda:

Independientemente de cuál sea el nuevo producto, es necesario determinar sus perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La dirección tiene que saber qué productos se van a añadir y cuáles se van a eliminar, así como sus volúmenes de venta esperados

Comprender la tecnología y los incrementos de la capacidad:

El número de alternativas iniciales puede ser elevado, pero una vez determinado el volumen a producir, las decisiones sobre tecnología pueden verse facilitadas mediante el análisis de costes, recursos humanos necesarios, calidad y fiabilidad. La tecnología puede establecer el aumento de capacidad necesario.

Calcular el nivel óptimo de producción (volumen):

Las decisiones sobre tecnología y aumentos de capacidad suelen determinar cuál es el tamaño óptimo de una instalación.

Construir para cambiar:

En nuestro mundo de rápidos avances, el cambio es inevitable. Así que se debe incorporar flexibilidad en las instalaciones y equipos. Evaluar la sensibilidad de la decisión examinando diferentes estimaciones de ingresos, tanto al alza como a la baja, en función de los riesgos potenciales. Los edificios, y las infraestructuras para suministros y aparcamiento, suelen poder construirse en fases. Y los edificios y equipamientos se pueden diseñar teniendo prevista la posibilidad de modificaciones para acomodarse a cambios futuros en cuanto al producto, la combinación de productos y los procesos (Barry & Heizer, 2016, pág. 98).

7.9. Planificación de la capacidad productiva

La capacidad puede ser planificada a corto, medio y largo plazo:

➤ **En el corto plazo:**

Es difícil adaptar la capacidad productiva de la empresa a los requerimientos de la demanda. Para ello, se puede acudir a la reestructuración de los programas de trabajo o a la redistribución de las cargas de trabajo a los distintos centros de trabajo.

➤ **En el medio plazo:**

La organización para adaptar su capacidad productiva puede acudir a horas extras, despidos de personal, utilización de inventarios y subcontratación.

➤ **En el largo plazo:**

La empresa puede llevar a cabo significativas inversiones en equipos e instalaciones o tomar decisiones de carácter estructural. La importancia de dichas decisiones es enorme, ya que, una vez tomadas, son difíciles de alterarlas sin incurrir en altos costes (Barry & Heizer, 2016, pág. 103).

7.10. Productividad

La productividad es uno de los factores que más contribuyen a la posición competitiva de un país, de una industria o de una compañía. Se define como la relación entre el volumen de producción o salidas (output) y los factores productivos o entradas (input) (Huertas & Dominguez, 2008, pág. 234).

7.10.1. Medición de la productividad.

Existe interés en medir la productividad ante todo porque se requiere de un indicador relativo de la efectividad con la que la organización ha venido consumiendo los recursos en el proceso de cumplimiento de los resultados deseados. La productividad de una empresa se puede expresar mediante mediciones parciales, multifactoriales y totales.

Medición Parcial:

Muestra la relación entre la producción y un solo input.

Medición Multifactorial:

Muestra la relación entre un producto y un grado de inputs, pero no todos.

Medición Total:

Expresa la relación entre los productos generados y todos los inputs utilizados (Huertas & Domínguez , 2008, pág. 234). En la Tabla 7, se muestran varios ejemplos de los diferentes tipos de medidas de la productividad.

Tabla 7: Medición de la Productividad. Ejemplos.

| | | | | |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| Medición Parcial | $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}}$ | $\frac{\text{Producto}}{\text{Capital Fijo}}$ | $\frac{\text{Producto}}{\text{Materiales}}$ | $\frac{\text{Producto}}{\text{Energía}}$ |
| Medición Multifactorial | $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo} + \text{Capital fijo} + \text{Energía}}$ | | $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo} + \text{Capital fijo} + \text{Materiales}}$ | |
| Medición Total | $\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$ | $\frac{\text{Bienes y servicios Producidos}}{\text{Todos los recursos empleados}}$ | | |

Fuente: Huertas & Domínguez (2008). Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas industriales, España: Publicaciones y ediciones de la universidad de Barcelona.

7.11. Software para la Distribución de Planta o Layout.

En la actualidad existen varios programas que brindan las herramientas necesarias para realizar la distribución de instalaciones la mayoría de ellos son de libre acceso con los cuales se puede trabajar, mientras que otros solo presentan versiones de prueba que generan limitaciones para realizar estudios. Es importante mencionar que, al diseñar una distribución de planta se hace el uso de diversos softwares, tales como:

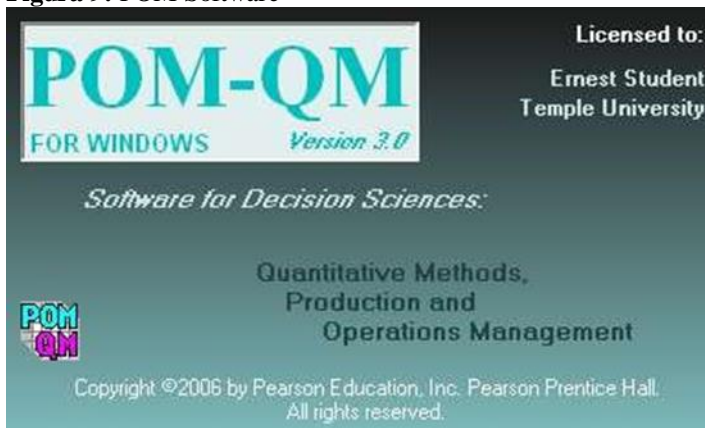
- ✓ **ALDEP** (Automated Layout Design Procedure),
- ✓ **CORELAP** (Computerized Relationship Layout Planning),
- ✓ **CRAFT** (Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques),
- ✓ **ARENA** entre otros.

Estos softwares se destacan porque permiten la planeación de una distribución de planta a través de diversos métodos como pueden ser: el método CRAFT, introducido por Armour, Buffa y Vollman, como un algoritmo Craft, BlocPlan, Multiple, el diagrama de relación de actividades y el Systematic Layout Planning (SLP) (Orozco & Cervera, 2015, págs. 6-12).

7.12. El software POM-QM (Production and Operations Management, Quantitative Methods).

Es una herramienta que contiene los principales métodos cuantitativos para las asignaturas de Investigación de operaciones I y II, así como otras propias de las carreras de Ingenierías.

Figura 9: POM Software



Fuente: Orozco & Cervera (2015). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos, Investigación e Innovación Ingenierías, Colombia: Pearson.

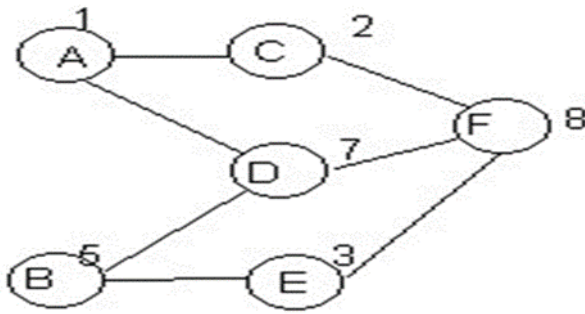
7.12.1. Balanceo de Líneas de Ensamble

Este modelo es usado para balancear estaciones de trabajo. Cinco reglas heurísticas pueden ser utilizadas para efectuar el balance. Los tiempos de ciclo pueden ser dados explícitamente o el índice de producción puede ser dado y el programa calculará el tiempo de ciclo. Este modelo no divide tareas.

7.12.2. El Modelo

El marco general para el balanceo de líneas de ensamble está dado por el número de tareas que son necesarias de balancear. Estas tareas son parcialmente ordenadas, como se muestra en la Figura 9, por ejemplo, en el esquema de precedencia que se encuentra en la Figura 10.

Figura 10: Diagrama de Precedencia Ejemplo.



Fuente: Orozco & Cervera (2015). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos, Investigación e Innovación Ingenierías, Colombia: Pearson.

Figura 11: Tareas Ejemplos

| Method | | Cycle time computation | | Task time unit | | Instruction | |
|------------------------------|---------|--|---------------|----------------|---------------|---|---------------|
| Longest operation time | | <input checked="" type="radio"/> Given <input type="radio"/> Computed | | seconds | | Enter the length of time that takes (in seconds). Any non-negative value is | |
| Example 1 - Cycle time given | | | | | | | |
| TASK | Seconds | Predecessor 1 | Predecessor 2 | Predecessor 3 | Predecessor 4 | Predecessor 5 | Predecessor 6 |
| a | 1 | | | | | | |
| b | 5 | | | | | | |
| c | 2 | a | | | | | |
| d | 7 | A | b | | | | |
| e | 3 | b | | | | | |
| f | 8 | c | d | e | | | |

Fuente: Orozco & Cervera (2015). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos, Investigación e Innovación Ingenierías, Colombia: Pearson.

(Weiss, 2016, pág. 189) define cinco reglas heurísticas que pueden ser escogidas de acuerdo:

- ✓ Mayor tiempo de funcionamiento
- ✓ La mayoría de tareas siguientes
- ✓ Clasificado peso posicional
- ✓ Menor tiempo de operación
- ✓ Número mínimo de tareas siguientes

Nota: Los enlaces disuelven en forma arbitraria si dos tareas tienen la misma prioridad se basa en la regla dada. El resto de los parámetros son:

Tiempo de ciclo:

El tiempo de ciclo puede darse en una de dos maneras. Una forma es cuando el tiempo de ciclo se otorga directamente como se muestra arriba. Aunque este es el método más sencillo, es más común para determinar el tiempo de ciclo de la tasa de demanda. El tiempo de ciclo se convierte en las mismas unidades que los tiempos de las tareas.

Unidad de tiempo de tarea:

La unidad de tiempo de las tareas es dada por este cuadro desplegable. Usted debe elegir segundos, horas o minutos. Observe que el título de la columna para los tiempos de tareas cambiará al seleccionar diferentes unidades de tiempo.

Los nombres de las tareas:

Los nombres de las tareas son esenciales para el equilibrio de la línea de montaje, ya que determinan las precedencias.

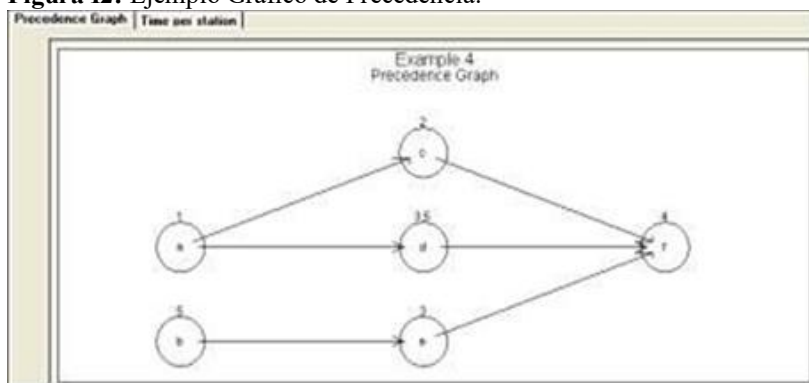
Tiempos de tareas:

Los tiempos de tareas.

Gráficos:

Dos gráficos diferentes están disponibles. La primera prioridad es un gráfico, como se muestra en la siguiente Figura 12 como dato importante tenga en cuenta que pueden existir diferentes formas de dibujar un gráfico de precedencia.

Figura 12: Ejemplo Gráfico de Precedencia.



Fuente: Weiss (2016). POM-QM for Windows. Disponible: http://wps.prenhall.com/bp_weiss_software_1/.

7.13. El software WinQSB.

Es una aplicación versátil que permite la solución de una gran cantidad de problemas: administrativos, de producción, de recursos humanos, dirección de proyectos, Figura 13. Debido a su facilidad y potencia de manejo, este libro se convierte en una herramienta indispensable para el estudiante de pregrado o postgrado que participa en materias como la investigación de operaciones, los métodos de trabajo, planeación de la producción, evaluación de proyectos, control de calidad, simulación, estadística, entre otras (Martínez, 2013, pág. 87).

Figura 13: WinQSB Software



Fuente: Martínez (2013). Manual de uso del Win QSB, Instituto Tecnológico de Tepic, México: Pearson

Entre las aplicaciones que presenta el interfaz se mencionan a continuación las principales:

7.13.1. Análisis de muestreo de aceptación (Acceptance Sampling Analysis).

Desarrolla y analiza aceptación de planes de prueba para atributos y características de calidad de variables. Incluye capacidades específicas para:

- ✓ Prueba Simple
- ✓ Prueba Doble

7.13.2. Planeación agregada (Aggregate Planning)

Permite definir los problemas de planificación agregada en tres formas: modelo simple, modelo de transporte y modelos de programación lineal. Este programa permite especificar la disponibilidad de horas extras, demoras en la entrega de pedidos, subcontratación, pérdida de ventas, y contratos y despidos de recursos (Ej. empleados).

7.13.3. Análisis de decisiones (Decisión Analysis)

Resuelve cuatro problemas de decisión típicos:

- ✓ Análisis bayesiano
- ✓ Análisis de la mesa de pago

- ✓ Análisis de decisión de árbol y teoría de juegos
- ✓ Dibuja el gráfico del árbol de decisión para los problemas mencionados; y además realiza la simulación de Monte Carlo para el problema del juego zero-sum.

7.13.4. Programación dinámica (Dynamic Programming)

Resuelve tres problemas dinámicos típicos: diligencia, mochila, y problemas de producción y planificación de inventarios. Incluye capacidades para:

- ✓ Resolver los tres problemas dinámicos.
- ✓ Encuentra la ruta más corta de cualquier nodo a un destino.
- ✓ Encuentra la mejor planificación para minimizar la producción, inventario y/o costos de las demoras en las entregas de pedidos.
- ✓ Muestra el detalle de los pasos de solución y el resultado.
- ✓ Realiza el análisis "What - if" (análisis de hipótesis)

7.13.5. Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).

Resuelve tres problemas: facilidad de localización, diseño funcional, y línea de equilibrio. Incluye capacidades para:

- ✓ Resolver localizaciones simples y múltiples.
- ✓ Usar tres medidas de distancia diferentes.
- ✓ Mostrar la solución en un gráfico.
- ✓ Mostrar el diseño y análisis de distancia.

Problemas de línea de equilibrio, muestra el detalle de tareas asignadas y muestra la solución de la línea de diseño en un gráfico.

7.13.6. Pronósticos (Forecasting and Linear Regression)

Resuelve series de tiempo que realizan las variables múltiples de regresión lineal. Incluye: promedio simple, promedio doble, promedio doble con tendencia lineal, etc.

7.13.7. Programación por objetivos (Goal Programming)

Un problema GP o IGP involucra una o más funciones objetivo y un número limitado de restricciones lineales. Los objetivos son ordenados por prioridad y todas las variables de decisión son consideradas continuas. Las variables de decisión pueden restringirse a valores enteros o valores binarios (0 ó 1).

La forma general de programación GP e IPG tiene el siguiente formato:

Maximice o Minimice $C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$ (nivel 1) Maximice o Minimice $C_{21} X_1 + C_{22} X_2 + \dots + C_{2n} X_n$ (nivel 2) Sujeto a: $A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + \dots + A_{1n} X_n \leq b_1$ $A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + \dots + A_{2n} X_n \leq b_2$ $A_{31} X_1 + A_{32} X_2 + \dots + A_{3n} X_n \leq b_3$

Incluye capacidades para:

- ✓ Realizar el método Simplex y gráfico para GP.
- ✓ Realizar el método de Ramificación y Acotamiento para IGP.
- ✓ Mostrar la tabla del Método Simplex.
- ✓ Mostrar la solución del Método de Ramificación y Acotamiento.
- ✓ Encontrar la solución alternativa.
- ✓ Realizar el análisis ilimitado para problemas infinitos.

7.13.8. Teoría y sistemas de inventarios (Inventory Theory and System).

Resuelve y evalúa problemas de control de inventarios. Incluye capacidades para:

- ✓ Problemas de descuentos de cantidades.
- ✓ Problemas probabilísticos de periodos simples (vendedor de periódicos).
- ✓ Problemas dinámicos de muchos tamaños.
- ✓ Resuelve, evalúa y simula cuatro sistemas de control de inventarios.

7.13.9. Programación de jornadas de trabajo (Job Scheduling).

Resuelve problemas de planeamiento para trabajos que esperan ser atendidos por algún servidor. Incluye capacidades para:

- ✓ 15 reglas de desecho para planeamiento de negocios.
- ✓ Muestra el diagrama de Gantt.
- ✓ 18 medidas de rendimiento para el programa atendido.
- ✓ Muestra un gráfico de análisis de rendimiento.

7.14. Procesos de Markov

7.14.1. Programación lineal y entera (Linear and integer programming)

Este programa resuelve y analiza los procesos de Markov. Incluye capacidades para:

- ✓ Realizar paso a paso los procesos de Markov.

- ✓ Análisis de rendimiento dependiente del tiempo y mostrar el resultado en un gráfico.
- ✓ Analizar el costo total o la ganancia.
- ✓ Resolver el estado de probabilidad estable y el primer tiempo de transición.

7.14.2. Planeación de requerimiento de materiales

Una vez seleccionado el módulo con el cual se desee trabajar, aparecerá una ventana cuyas características iniciales serán similares para todos los módulos del WINQSB.

La parte superior de la ventana llamada “título” indica el nombre del módulo seleccionado, en este caso se optó por utilizar el módulo de Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout).

Debajo encontramos el menú archivo (File) y ayuda (Help). El menú archivo comprende las siguientes opciones:

- ✓ Nuevo problema (New Problem): Permite introducir un nuevo problema.
- ✓ Abrir Problema (Load Problem): Abre un problema que se ha guardado con anterioridad.
- ✓ Salir (Exit): Sale del programa.
- ✓ El menú ayuda (Help) lo conforman:
 - ✓ Contenido (Contents): Contenido completo de la ayuda sobre el módulo seleccionado.
 - ✓ Buscar ayuda en... (Search for Help on...): Búsqueda de ayuda mediante palabras claves.
 - ✓ Cómo usar la ayuda (How to Use Help): Indicaciones (puede ser en español) de cómo se utiliza la ayuda para sacarle el máximo provecho.
 - ✓ Ayuda sobre la ventana actual (Help on Current Windows): Interesante opción que muestra la ayuda sólo sobre los elementos que aparecen actualmente en la ventana.
 - ✓ Acerca de... (About LP-ILP): Muestra datos sobre la creación del programa e información sobre la licencia.

El programa también cuenta con una barra de herramientas que ayuda de forma significativa la selección de las opciones más usadas como se muestra en la Figura 14.

Figura 14: Barra de herramientas WinQSB



Fuente: Reyes & Correa (2015). Diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la Empresa INSTRUEQUIPOS CIA. LTDA., Universidad Técnica de Ambato. Tesis de Ingeniería Industrial.

El primer botón permite la creación de un nuevo problema, el segundo abre un problema existente, mientras que el tercero, permite salir del programa. En el centro de la venta se encuentra un espacio vacío el cual se denomina “zona de trabajo”, donde se procederá a alimentar con información al programa (Reyes & Correa, 2015, págs. 89-102).

7.15. Método Guerchet

(Vallhonrat & Corominas, 2010) relacionan a un cálculo matemático que permite la determinación de áreas requeridas en base a diferentes factores de la disposición de planta. Para la utilización del método de Guerchet se suma tres superficies parciales obteniéndose con ella la superficie total.

Ecuación 2: Superficie Total

$$St = N *(Ss + Sg+ Se) \quad (2)$$

Donde:

St = Superficie Total

Ss = Superficie Estática

Sg = Superficie de Gravitación

Se = Superficie de evolución

N = número de elementos móviles o estáticos.

7.15.1. Superficie estática (Ss).

Corresponde al Area de terreno que ocupan las maquinarias y equipos u oficinas. Deben incluir la indumentaria necesaria para para su funcionamiento.

Ecuación 3: Superficie Estática

$$\mathbf{Ss = Largo * Ancho} \quad \mathbf{(3)}$$

7.15.2. Superficie de gravitación (Sg)

Área usada por el operador y las maquinarias.

Ecuación 4: Superficie Gravitacional.

$$\mathbf{Sg = Ss * N} \quad \mathbf{(4)}$$

Donde:

Sg = Superficie de Gravitación

Ss = Superficie Estática

N = # de lados laterales a partir de los cuales la maquina debe ser utilizada.

7.15.3. Superficie de evolución (Se)

Superficie utilizada para el movimiento del personal y los medios móviles de acarreo.

Ecuación 5: Superficie de Evolución.

$$\mathbf{Se = (Ss + Sg) * K} \quad \mathbf{(5)}$$

Donde:

Se = Superficie de evolución

Ss = Superficie Estática

Sg = Superficie de Gravitación

K = Coeficiente que depende de la altura promedio ponderada de los elemento móviles y estáticos.

Ecuación 6: Coeficiente promedio de los elementos móviles y estáticos.

$$\mathbf{K = \frac{h1}{2h^2}} \quad \mathbf{(6)}$$

Donde:

h1: Altura promedio ponderada de los elementos móviles.

h2: Altura promedio ponderada de los elementos estáticos.

7.16. Método Systematic Layout Planning (SLP)

Es una metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.

Fue desarrollada por Richard Muther en los años 60 como un procedimiento sistemático multi criterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método (resumido en la Figura 15) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en estas temáticas e incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.

Como puede apreciarse en la figura 15, el diagrama brinda una visión general del SLP, aunque no refleja una característica importante del método. Su carácter jerárquico lo que indica es que este debe aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior.

Fases de Desarrollo del modelo SLP Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son:

7.16.1. Fase I Localización.

Decide la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio nuevo o bien hacia un área de similares características y potencialmente disponible.

7.16.2. Fase II Plan de Distribución General.

Establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando también (y para cada una de ellas) la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área,

sin atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

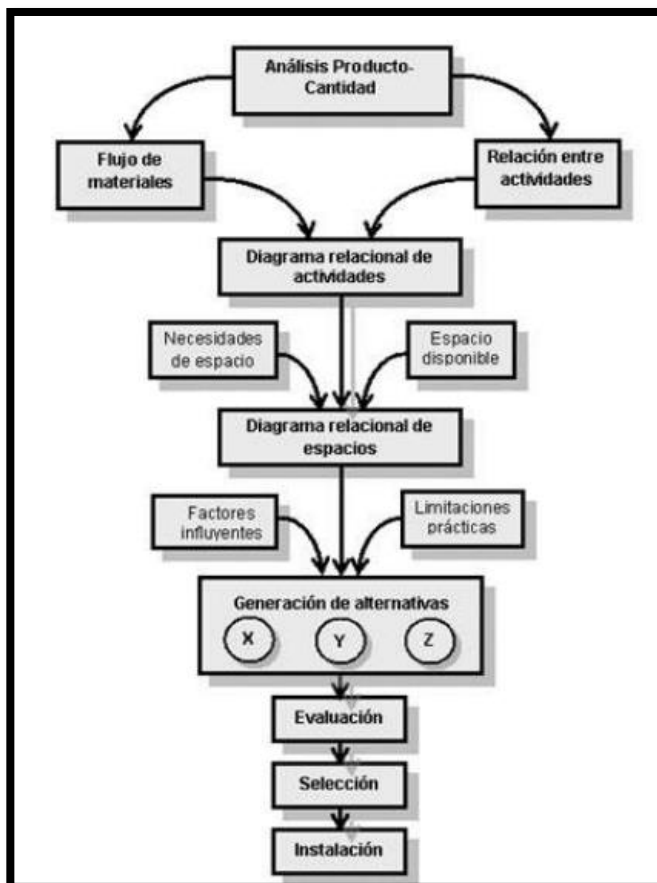
7.16.3. Fase III Plan de Distribución Detallada.

Estudiar y preparar en detalle el plan de distribución alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad.

7.16.4. Fase IV Instalación.

Realiza los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada. Estas cuatro fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras (Fernández, 2013, págs. 98-100).

Figura 15: Procedimiento SLP.



Fuente: Systematic Layout Planning (SLP). Disponible: <http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%20202017.pdf>

7.17. Balanceo de Líneas.

(Richard & Robert, 2014, pág. 105) mencionan que al balancear la línea de ensamble es cosa sobre todo de programación, pero muchas veces tiene implicaciones en la distribución. Tal sería el caso cuando, por cuestiones de balanceo, el tamaño o el número de estaciones se tendría que modificar físicamente. La línea de ensamble más común es una banda que se mueve y pasa por una serie de estaciones de trabajo en intervalos uniformes llamados tiempos del ciclo de la estación de trabajo.

Todo el trabajo que se desempeña en una estación de trabajo equivale a la suma de las tareas asignadas a ella. El problema del balanceo de la línea de ensamble consiste en asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no reciba más de lo que se puede hacer en su tiempo del ciclo, y que el tiempo no asignado (es decir, inactivo) de todas las estaciones de trabajo sea mínimo.

✓ **Tasa de producción deseada:**

Se determina un número deseado de artículos para producir, puesto que si se excede en la producción deseada es posible que aumente el número de estaciones de trabajo por lo tanto se necesitara personal adicional para ocupar esos puestos de trabajo.

Para llevar a cabo el balanceo de líneas de ensamble es necesario conocer algunos aspectos que intervienen y son de mucha importancia, entre los cuales se mencionan:

✓ **Tiempo de ciclo:**

Para obtener un balanceo adecuado es necesario que la suma de los tiempos de los elementos de trabajo en cada estación se acerque lo más posible al tiempo de ciclo y que exista un mínimo tiempo ocioso. Sin embargo, debido a las irregularidades de los tiempos de los elementos de trabajo en ocasiones es imposible alcanzar un balanceo totalmente adecuado.

✓ **Mínimo teórico:**

Teniendo en cuenta que cada estación va a ser operada por un trabajador diferente, el número adecuado de estaciones de trabajo maximiza la productividad del trabajador.

✓ **Tiempo ocioso, eficiencia y retraso del balanceo:**

Al obtener el número adecuado de estaciones de trabajo, se garantiza mínimo tiempo ocioso, eficiencia máxima y retraso mínimo del balanceo, es decir, está utilizando todos los recursos de la manera adecuada.

7.18. Propuesta de aplicación referente al marco teórico.

El presente proyecto propone la aplicación de los métodos:

Guerchet en base a la teoría se define que permite establecer medidas exactas en cuanto al requerimiento de superficies con la aplicación de fórmulas que permitirá distinguir la cantidad de espacio requerido para la redistribución, mientras que con la aplicación del **Método Systematic Layout Planning (SLP)** se pretende desarrollar fases secuenciales con el análisis de factores que intervienen en los requerimientos de cantidad del producto para conocer la capacidad de producción de la propuesta de redistribución en el área de fundición de la empresa Cedal Aluminio S.A., evaluadas ambas teorías también se considera los más óptimos para la aplicación en cuanto a temas de redistribución, estableciendo los puestos de trabajo y estaciones de las máquinas, acorde con lo que se contribuye a la disminución de traslados de material con el objeto de optimizar tiempo, recursos de la empresa y sitios de trabajos apropiados guardando normativas de seguridad y salud ocupacional.

8. HIPÓTESIS

Si se realiza el análisis de la distribución de las instalaciones de los procesos productivos del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, se logrará generar una propuesta de redistribución para la reducción de tiempos en relación a distancias de producción, con el fin de mejorar la productividad.

8.1. V. independiente.

Análisis de la distribución de las instalaciones de los procesos productivos del área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga.

8.2. V. dependiente.

La reducción de tiempos de producción para mejorar la productividad.

9. METODOLOGÍAS

9.1. Métodos de investigación.

Los métodos que a continuación se muestran permiten la realización del presente estudio de investigación.

9.1.1. Método hipotético-deductivo.

A través de este método se parte de la observación del proceso industrial, se crea la hipótesis, se deduce posteriormente que al reducir las pérdidas en tiempos y distancias innecesarias en los procesos productivos de la Planta CEDAL S.A, se logra la reducción de tiempos de producción, con el fin de mejorar la productividad, al final la hipótesis fue aceptada como verdadera.

9.1.2. Método inductivo-deductivo.

Este método se aplica para la caracterización de cada una de las etapas del desarrollo productivo de la planta CEDAL S.A., comprendidas por el proceso de fundición, homogenización, corte, almacenamiento de billets de aluminio, cumpliendo con los requerimientos del área de extrusión con el fin de cumplir con eficiencia el sistema productivo de la empresa.

9.1.3. Método de investigación cuantitativa.

El uso de este método permite la medición de las variables del objeto de estudio, en este caso de uso de tiempos y distancias innecesarias, partiendo del marco conceptual adecuado de cómo reducir las pérdidas en tiempos y distancias existentes en el proceso productivo del área de fundición, de la planta CEDAL S.A., con el fin de mejorar la productividad.

9.2. Tipos de investigación.

9.2.1. Investigación de campo.

La investigación de campo debido a que se realiza visitas a la empresa para constatar el proceso productivo y obtener todos los datos requeridos, además permite conocer y evaluar las condiciones actuales en las que se realizan las diferentes actividades de los colaboradores, con la ayuda de toma de tiempos, observaciones directas, análisis del trabajo, con lo que se logrará obtener la información necesaria para dar solución al presente problema.

9.2.2. Investigación Bibliográfica - Documental

Para el desarrollo del proyecto de investigación se utiliza la modalidad bibliográfica – documental debido a que se ha recurrido a fuentes primarias y secundarias como son libros, informes, artículos y páginas de internet, para la obtención de información necesaria para fundamentar teórica y científicamente el proceso de investigación planteado.

9.2.3 Investigación descriptiva

El tipo de investigación descriptiva es usada en este estudio para describir, graficar y e identificar los aspectos más relevantes sobre el uso de tiempos en cada tarea, actividad y proceso que conlleven a la resolución del problema en cuestión. Este es guiado por la hipótesis del trabajo la cual es, si se reducen las pérdidas de tiempos y distancias existentes en los procesos productivos de la Planta CEDAL S.A, se logrará la reducción de tiempos de producción, con el fin de mejorar la productividad, de forma descriptiva, la misma que será puesta a prueba.

9.2.4. Investigación explicativa.

Se utiliza esta investigación ya que el presente estudio busca determinar las causas y consecuencias de las pérdidas y el uso ineficiente de los tiempos, para que de esta forma permita la resolución del problema.

9.3 Técnicas de investigación.

9.3.1. Observación.

Sin duda la técnica de la observación permite identificar en primera instancia como se hace uso de los tiempos en cada puesto de trabajo y en todo el proceso, para identificar todo el sistema, los subprocesos que hacen uso de tiempos, realizar el diagrama de flujo de procesos y hacer el balance de líneas en el proceso del área de fundición, para luego analizar problemas.

9.3.2. Recolección de Información

Para realizar la recolección de la información necesaria del análisis de factibilidad y específicamente de los datos requeridos de la distribución de los espacios en las instalaciones de la empresa Cedal Aluminio S.A Latacunga se aplican visitas técnicas, observaciones, toma de tiempos, análisis de datos. Además, es necesaria el apoyo de información bibliográfica para

llevar a cabo todos los cálculos correspondientes y así determinar la factibilidad del presente proyecto.

9.3.4. Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento y el análisis de los datos se efectuarán de la siguiente forma:

Recolección de los datos necesarios para realizar el estudio por medio de observaciones. Revisión analítica de la información obtenida para desechar datos innecesarios o erróneos y conservar los datos válidos y acertados. Integración de toda la información para establecer la disposición de las instalaciones. Interpretación de los resultados obtenidos para determinar la factibilidad del proyecto.

9.4. Herramientas de proceso

9.4.1. Diagramas de flujos.

Una vez identificado el proceso se procede a representar gráficamente, situaciones, hechos, movimientos y relaciones de todo tipo a partir de símbolos que contiene esta herramienta para hacer mucho más sencillo el análisis del proceso a la vez permite la identificación desde las entradas de materia prima hasta el almacenamiento del producto final y todos aquellos puntos críticos a considerar.

9.4.2. Diagrama de Hilos

Se ha considerado la determinación de un plano o modelo a escala lo que facilita el conocimiento de la interacción entre actividades que intervienen en el proceso de fundición precisamente se sigue y mide con un hilo el trayecto de los trabajadores en todo el proceso en general.

9.4.3. Diagrama de Relaciones

Se emplea este tipo de diagrama en la aplicación del método SLP puesto a que facilita la comprensión de la importancia de relación de una actividad con otra dentro del proceso y precisamente se encuentran en secuencia.

9.4.4. Diagramas de recorrido

Considerado como un mapa para ilustrar el recorrido del proceso de fundición de aluminio, comprende la numeración de actividades para su mejor comprensión y guía del desplazamiento de material por el mismo.

9.4.5. Curso grama Analítico

Con la utilización de una plantilla de Excel se procedió a ordenar las actividades principales detectadas en el proceso de fundición y relacionarlas con el diagrama de flujo a la vez para detallar el tiempo y las distancias recorridas.

10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación de detalla la aplicación de actividades de acuerdo al sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

10.1. Actividades del Objetivo 1.

Estudiar el proceso actual mediante la aplicación de diagramas, para la asimilación que conlleva la producción de billets de aluminio.

Situación actual de la planta.

10.1.1. Visita in situ y recorrido por el proceso productivo del área de fundición.

De la visita in situ realizada en primera instancia se identifican los principales datos de la empresa, sus valores y en lo posterior en las diferentes áreas productivas y subprocesos en el que interviene el área de fundición. Se realiza un recorrido breve por todas las instalaciones para detectar el área establecida para el proceso de fundición por la empresa.

Datos generales de la empresa se pueden visualizar en la Tabla 8.

Tabla 8. Información de la empresa.

| | |
|---------------------------|---|
| Ciudad | Latacunga |
| Dirección | Av. Unidad Nacional S/N, parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. |
| Contacto | Ing. María Elena Maya |
| Tel. Producción | 02-2812610- / 02-2812615 |
| Mail Institucional | mmayer@corpesa.com |
| Mail Gerencia | mburbano@corpesa.com |
| Mail Ventas | mdutra@corpesa.com |
| Pág. Web | www.cedal.com.ec |
| Redes Sociales | Facebook - cedal.ecuador, Twitter - @Cedal_Ecuador YouTube – CedalAluminio |

Fuente: Cedal Aluminio S.A

Misión: Somos una empresa líder en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, que buscamos el crecimiento y el desarrollo de nuestros clientes, colaboradores y accionistas, enmarcados en el cumplimiento de las leyes, aportes a la comunidad y cuidado del medio ambiente.

Visión: Ser una empresa referente en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, productos y servicios complementarios, con sólida presencia internacional reconocida por la excelencia de sus colaboradores y la calidad en su servicio.

Política de calidad: Lideramos el mercado de perfilería de aluminio, brindando atención profesional y personalizada que garantice la satisfacción de nuestros clientes, comprometidos con en el cumplimiento de sus requisitos y la mejora continua de los procesos.

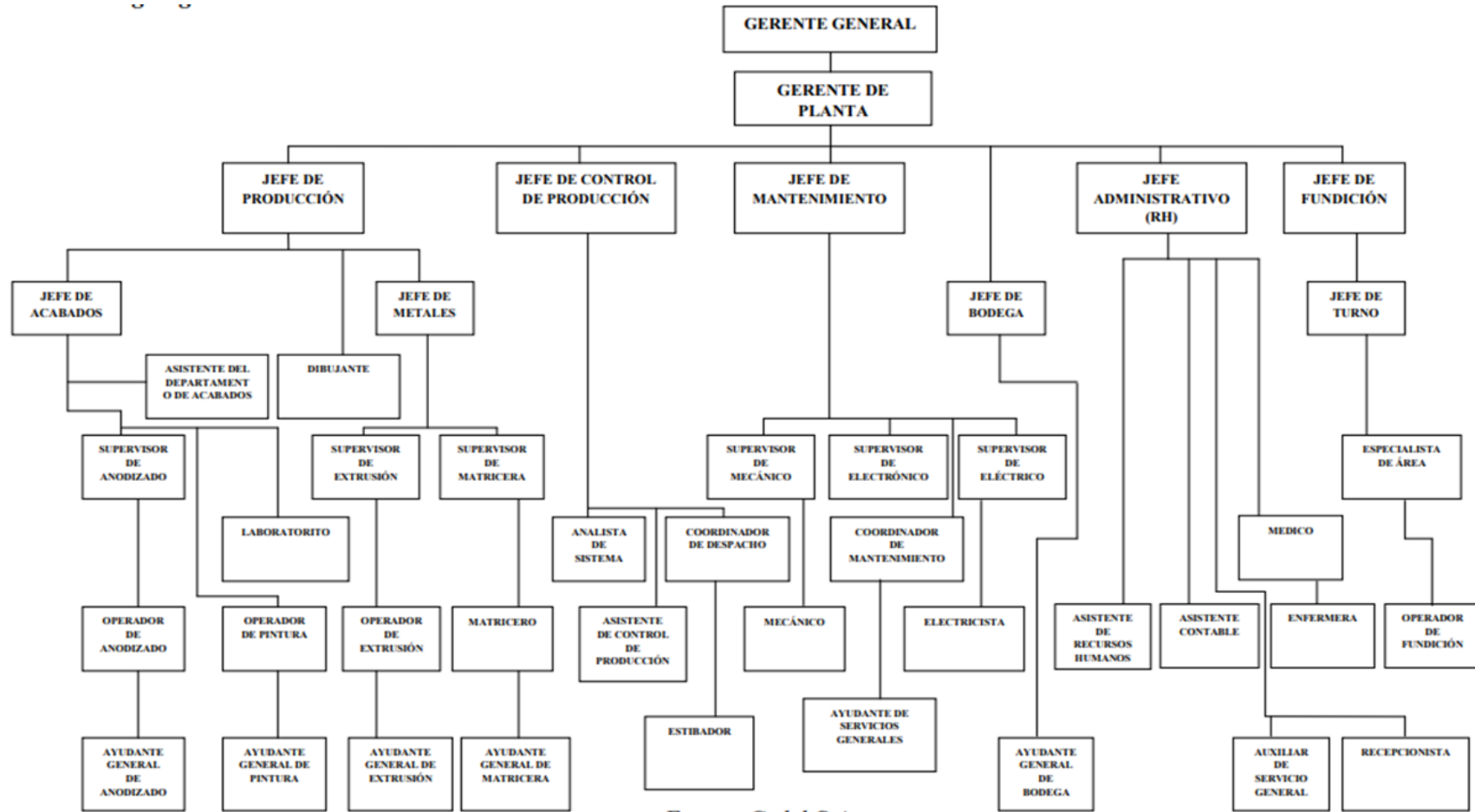
Principios Corporativos:

- Valorar al ser humano y contribuir a su desarrollo.
- Actuar siempre con integridad.
- Buscar la satisfacción de los clientes.
- Procurar la excelencia en toda actividad.
- Participar proactivamente y agregando valor en el desarrollo de la empresa, la comunidad y el país.
- Tener visión y compromiso de largo plazo.

Organigrama Empresarial

La empresa está constituida estructuralmente por el gerente general, que encabeza la jerarquía institucional en lo posterior el gerente de planta ya que viene a ser una extensión a nivel nacional e internacional, luego se destacan con jefes de las áreas de: producción, control de producción, mantenimiento, administrativo (R.H) y fundición. Todas las áreas mencionadas se consideran como fundamentales ya que realizan las actividades necesarias para el desarrollo de los productos hasta su comercialización final y la relación con el consumidor y se puede observar en la Figura 18.

Figura 16. Organigrama Empresarial



Fuente: Cedral Aluminio S. A

10.1.2. Indagación de características en general del área.

Enfoque de estudio en el Área de Fundición.

Figura 17. Área de fundición.



Fuente: Cedal Aluminio S.A

Encargada de la fabricación de billets de aluminio a partir de aluminio recuperado del proceso de extrusión y la perfilería rechazada, estos son nuevamente fundidos, manteniendo las características de su aleación (6063 o 6005) para ser re-utilizados en el proceso de producción.

Materia prima

Clases de chatarras utilizadas en el proceso de fundición:

- ✓ **Chatarra nacional.** - La chatarra nacional o comúnmente conocida como chatarra negra proviene de las Empresas de acopio o recolección, RECYNTER S.A y RIMESA, también procesa aluminio de segunda fundición característica de este material es el alto contenido de hierro.
- ✓ **Chatarra importada.** - Este tipo de chatarra también conocida como chatarra de mesa de extrusión, es el material que sobra una vez cortados los perfiles a las medidas necesarias, proviene de distintos países como son: Costa Rica, República Dominicana, Perú y Argentina, la característica de este material es el no alto contenido de hierro.
- ✓ **Chatarra Cedal.** - Este tipo de chatarra proviene de los diferentes procesos que se realiza en la planta, uno de ellos es el lingote rechazado o reproceso, una parte de los residuos generados en el proceso de Extrusión, aquellos perfiles que se encuentran en

mal estado y material de desecho generados por anodizado, también cuenta con material de aporte de Empaque.

- ✓ **Aluminio primario importado.** - Los pallets de aluminio primario están libres de cualquier químico es decir se encuentra en estado puro al 99,9 % de aluminio, su peso aproximado por cada pallet es de 1 tonelada, el proveedor principal es Aluar (ARGENTINA).

Elementos de aleación e insumos principales de las aleaciones 6063 y 6005.

- **Aleación de aluminio.** - Las aleaciones de aluminio tienen como principal objetivo mejorar la dureza y resistencia del aluminio, que es en estado puro un metal muy blando. CEDAL utiliza la aleación 6063 para perfilería arquitectónica y 6005 para perfilería estructural. CEDAL emplea las aleaciones de aluminio de acuerdo a su requerimiento.
- **Aleación 6063.** - Es aleación de aluminio, con magnesio y silicio como los elementos de aleación. Tiene características mecánicas generalmente buenas, es utilizada para aplicaciones arquitectónicas y decorativas tales como ventanas, puertas, muros, cortinas, mamparas, marquetería, ángulos, revestimientos, etc.
- **Aleación 6005.**- La aleación 6005 posee una mayor resistencia que la 6063 pero es un poco más difícil de extrudir. Es apta para el anodizado desde un punto de vista de protección, pero resulta más deficiente el acabado decorativo. Este tipo de Aleación es utilizada para uso estructural tal como: estructuras especiales, vigas, escaleras, etc.
- **Silicio.** - Es uno de los principales componentes de la aleación 6063, proporciona características físicas específicas de dureza se funde a 1500°C.
- **Magnesio.** - El uso principal del magnesio sirve como elemento de aleación del aluminio, formándose la aleación aluminio-magnesio, que se emplean en componentes de automóviles, como llantas; y en maquinaria diversa.

Para poder mantener estos elementos dentro de los parámetros establecidos se adicionan Silicio y Magnesio y/o Aluminio primario a la colada de aluminio Fundido dentro del horno, para así cumplir con los requerimientos adecuados.

Utilización del aluminio y sus aleaciones

La utilización del aluminio constituye una solución contra la corrosión. Existen tres propiedades básicas que explican la amplia utilización del aluminio:

- a) Su baja densidad (liviano)
- b) Alta resistencia mecánica obtenida (cuando se emplea la aleación adecuada);
- c) Alta resistencia a la corrosión del metal puro.

En Cedal las aleaciones que se extruyen son:

- **Aleación 6063.**- utilizada para usos arquitectónicos (Ventanas, puertas, etc.); y
- **Aleación 6005.**- utilizada en perfiles para usos estructurales (Techos, uniones sismo resistentes, etc.). Este tipo de aleaciones adquieren las propiedades específicas de acuerdo al porcentaje de Magnesio (Mg) y de Silicio (Si) presentes como aleantes.

Maquinaria

- ✓ **Horno de fundición.** - El horno de fundición tipo horizontal de marca HERTWICH consta de dos cámaras principales una de fusión (melting), y una de mantenimiento (casting), compuesto de un quemador para cada cámara; ducto de salida de gases de escape; sistema recuperador de calor; panel de control. Tiene la función principal de fundir los diferentes tipos de chatarra de aluminio hasta llegar a su punto de fusión.
- ✓ **Horno de homogenizado.** - La homogenización llamada también como Recocido Total, se pretende conseguir una eliminación de las tensiones propias del producto fundido, un equilibrio de los granos segregados y una disolución de los constituyentes estructurales eutécticos en los bordes de los mismos; además el recocido total sirve con frecuencia para conseguir una disgregación regular de elementos disueltos en estado de sobresaturación, especialmente Mn y Fe.
- ✓ **Sierra loma.**- Máquina encargada de realizar corte de del billets de 20, 22, 24, 26 pulgadas para abastecimiento del área de extrusión para utilización en la prensa uno.
- ✓ **Briqueteadora.** - La máquina briqueteadora es una compactadora de viruta de aluminio, el briquetado de viruta posibilita la recuperación de materia prima y reduce el espacio requerido para el almacenamiento de la viruta y Previene problemas en el espacio requerido.

- ✓ **Espectrómetro.** - Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Este tipo de análisis permite determinar los elementos presentes en una muestra, así como el porcentaje de cada uno de ellos. Se utiliza en el proceso para medir la calidad del producto.

Materiales indirectos

- **EPP:** Use zapatos de cuero, guantes y anteojos con resguardos laterales. Un sombrero con ala le protege contra salpicaduras. Use protección para los oídos en ambientes ruidosos. Cuando trabaje directamente con metales fundidos, en el calor o cerca de las llamas use guantes, mascarillas, casco de seguridad, delantal, chamarra o capa, chaparreras y polainas de cuero, de tela de fibra de vidrio con recubrimiento de aluminio, de telas sintéticas o de lana tratada. Considere una careta de tela de alambre, dependiendo de las tareas que haga (seguridad industrial).
- **Materiales cerámicos**

Utilizados en los canales, tundish y para la preparación de los moldes.

- ✓ **Nitruro de boro.** - Es un producto usado para proteger los HeaderPlates (moldes muy resistentes) de ataques químicos usados para la absorción de diversos metales no ferrosos fundidos, y como revestimiento protector.
- ✓ **Tabla de fibra cerámica.** - Se caracteriza por ser un excelente aislante diseñado especialmente para soportar el flujo de gases a alta velocidad debido a su baja conductividad térmica es ideal para chimeneas de calentadores ductos y hornos. La tabla fibra cerámica permite obtener almacenaje de calor y un acceso rápido para mantenimientos.
- ✓ **Colchoneta de fibra cerámica “FIBRATEC”.** - Está hecha a base de fibras cerámicas largas y entretejidas formando una colchoneta flexible de peso ligero para aplicaciones a temperaturas de 538° C (1000° F) hasta 1482° C (2700° F). La Colchoneta Fibratec combina la resistencia al calor de un ladrillo refractario con bajo peso y la flexibilidad de una fibra refractaria.

- ✓ **Varillas de grafito (6mm).** - Son desarrollados para industrias dedicadas a la fundición de metales no ferrosos, como son el aluminio, cobre y sus aleaciones durante los procesos de limpieza y des gasificado. Poseen un difusor poroso el cual genera gran cantidad de pequeñas burbujas para un des gasificado más eficiente con un tratamiento especial, prolonga la vida útil, retardando la oxidación y reduciendo el desgaste por abrasión.
- ✓ **O-ring.** - Dispositivo circular de caucho utilizado para evitar la fuga de aceites en las ranuras de los moldes de fundición.

Insumos principales

- ✓ **Tibor (titanio-boro).** - Utilizado como refinador de grano en una relación de 5:2.
- ✓ **Argón grado 4.8.** - Gas inerte usado como medio para des gasificar la colada de aluminio. Permite eliminar el encapsulamiento de oxígeno, calcio y otros, en la formación del Lingote.

Ar = 99.998 % mínimo (grado 4.8)

Descripción de Productos.

La utilización industrial del aluminio ha hecho de este metal uno de los más importantes, tanto en cantidad como en variedad de usos, siendo hoy un material polivalente que se aplica en ámbitos económicos muy diversos y que resulta estratégico en situaciones de conflicto. El aluminio se usa en forma pura, aleado con otros metales o en compuestos no metálicos. En estado puro se aprovechan sus propiedades ópticas para fabricar espejos domésticos e industriales, como pueden ser los de los telescopios reflectores. Su uso más popular es como papel aluminio, que consiste en láminas de material con un espesor tan pequeño que resulta fácilmente maleable y apto para embalaje alimentario. También se usa en la fabricación de latas y tetrabriks.

Además, aleado con otros metales, se utiliza para la creación de estructuras portantes en la arquitectura y para fabricar piezas industriales de todo tipo de vehículos y calderería. También está presente en enseres domésticos tales como utensilios de cocina y herramientas.

El aluminio debido a sus propiedades es uno de los metales que más se utiliza para producir variados y complicados tipos de perfiles que se usan principalmente en las construcciones de carpintería metálica, este tipo de producto se adquiere en la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A empezando por el proceso de fundición se produce lingotes cilíndricos también llamados “tochos” estos requieren de especificaciones en cuanto a dimensiones y calidad para su producción, a lo que también depende de la demanda del comprador sea este interno si se requiere para la producción de la empresa en sus restantes procesos y externo si se realizó el pedido por parte de sus extensiones a nivel nacional o internacional. A continuación, se detalla los productos:

- **Lingote:** primer producto obtenido después de la fundición de chatarra en su clasificación y aluminio primario, intervienen el horno de fundición y el horno de homogenizado, se produce dependiendo de la orden de pedido sean estos consumidores a nivel nacional (Cedal Duran) o internacional (Panamá) los cuales adoptan las siguientes medidas:
 - ✓ Largo: de 228’’ a 5791mm
 - ✓ Diámetro: 7 pulgadas
 - ✓ Peso: 392,0507 kg cada unidad

- **Billets:** producto obtenido posterior a la fundición de chatarra y homogenizado de lingotes, quien lo define es el proceso de corte realizado en la sierra loma y se caracteriza por ser el producto final del área de fundición, se produce de acuerdo a la orden de pedido realizada específicamente por consumidores internos quien es el área de extrucción de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal. Los productos adoptan las siguientes medias:
 - ✓ 20’’ de largo, 34 kg de peso y 7 pulgadas de diámetro.
 - ✓ 22’’ de largo, 38 kg de peso y 7 pulgadas de diámetro.
 - ✓ 24’’ de largo, 41 kg de peso y 7 pulgadas de diámetro.
 - ✓ 26’’ de largo, 45 kg de peso y 7 pulgadas de diámetro.

Control de calidad

El control de calidad de los billets producidos, debe cumplir con la norma ASTM para su liberación la cual se describe a continuación.

Tabla 9. Composición química de aleaciones de aluminio.

| PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN NORMA ASTM | | | | | | | | |
|--|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| B221 | | | | | | | | |
| ALEACIÓN | Composición Química (%) | | | | | | | |
| | Fe | Si | Mg | Mn | Cu | Zn | Cr | Ti |
| 6063 | máx. | 0.44 | 0.46 | máx. | máx. | máx. | máx. | máx. |
| | 0,30 | 0.52 | 0.52 | 0.08 | 0.10 | 0.03 | 0.01 | 0.05 |
| 6005 | máx. | 0.65 | 0.50 | máx. | máx. | máx. | máx. | máx. |
| | 0,30 | 0.70 | 0.52 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |

Fuente: Cedal Aluminio S.A

Para la verificación de estos parámetros se procede a sacar una probeta desde es tundish donde se encuentra el aluminio diluido ya para su formación en Billets esta muestra debe cumplir con los parámetros establecidos para pasar al homogenizado caso contrario vuelve al reproceso (fundición), La segunda probeta es sacada del mismo lote pero ya homogenizado para comprobar sus parámetros, si cumple con los parámetros el billets pasa al área de extrusión caso contrario vuelve al reproceso (fundición).

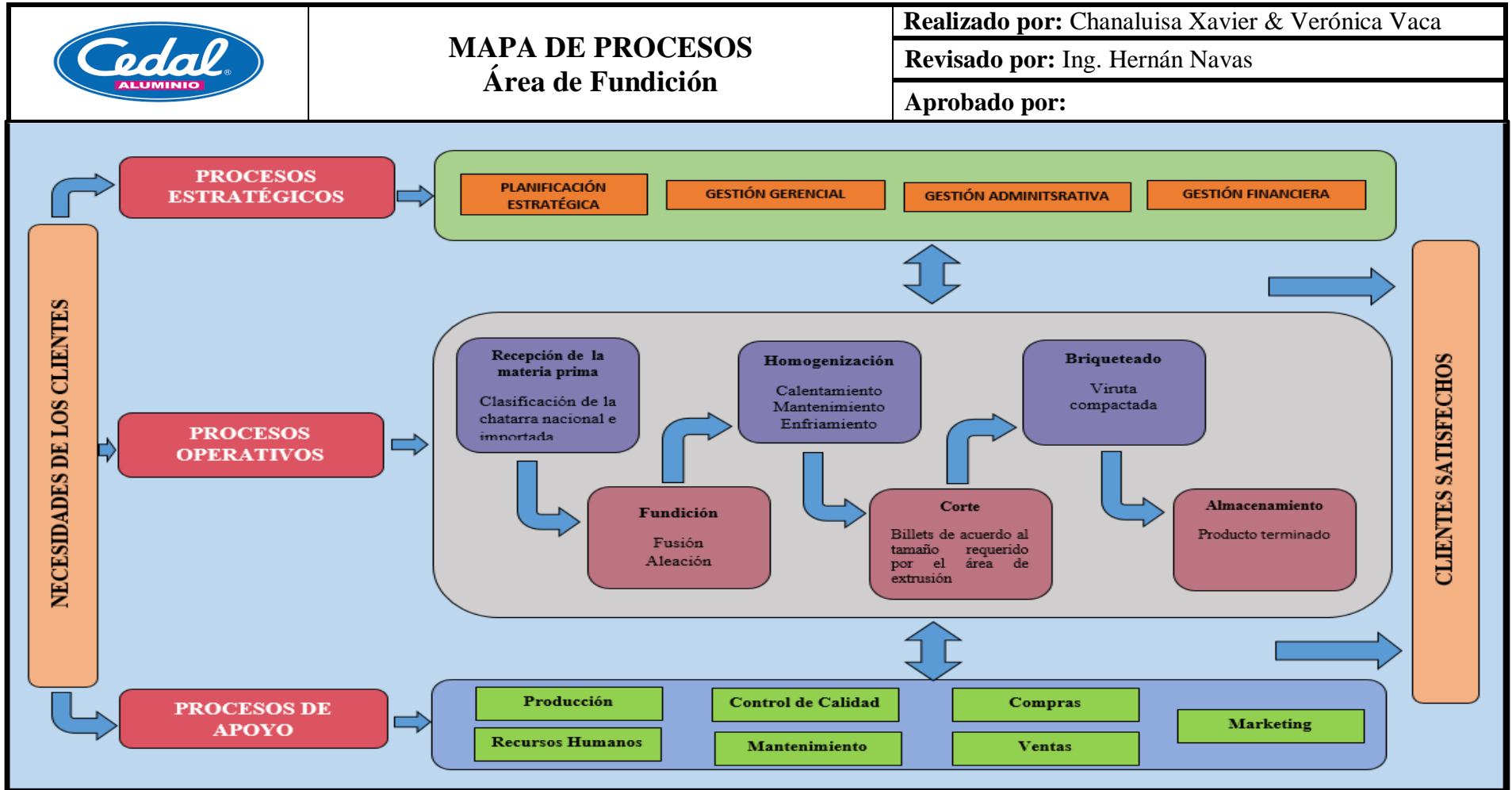
Mapa de procesos.

Mapa de procesos interpretado Figura 18 establece una visión general de como se ve los sub procesos desde el principio hasta fin dentro del área de fundición de la Corporación Cedal Aluminio S.A, y en él se representan los vínculos que existen entre sub procesos en relación siempre con el cliente.

Este mapa se encuentra distribuido en tres categorías: procesos estratégicos, de negocio y de apoyo, que tiene como entrada los requerimientos del cliente y como salida su satisfacción completa con el producto. Los procesos estratégicos considerados en el mapa son los que el área considera como una estrategia para el cumplimiento de sus metas cuya responsabilidad principal recae sobre el jefe de planta de fundición.

Los procesos de negocio constituyen todos aquellos procesos necesarios para la realización de billets de aluminio, constituida principalmente por el proceso de producción. Los procesos de apoyo constituyen el soporte con los que cuenta el área para que se pueda cumplir sus actividades, es decir aquellos relacionados con los recursos.

Figura 18: Mapa de Procesos del Área de fundición CEDAL Aluminio S.A.



Fuente: Elaborado por los Autores.

PROCESOS ESTRATÉGICOS

- **Planificación estratégica:** Todo el sustento estructural y direccional del área de Fundición de la Corporación CEDAL Aluminio S.A se respalda en la misión, visión, política, objetivos y valores.
- **Gestión Gerencial:** Guía el cumplimiento de los objetivos globales mediante la ejecución de planes y programas concretos para asegurar el correcto desarrollo de las operaciones, basándose sobre las decisiones en el bienestar empresarial.
- **Gestión Administrativa:** Define planes a alcanzar, canaliza la manera de llegar a concretarlos mediante la atribución de responsabilidades, manejo de recursos, adjudica cargos para dirigirlos de correcta manera y define estándares para poder controlar los avances.
- **Gestión Financiera:** Define planes o procesos que consisten en conseguir, mantener y utilizar el dinero, convirtiendo a la visión y misión en operaciones monetarias.

PROCESOS OPERATIVOS

- **Cliente (Proceso de Entrada):** Una vez que las necesidades del cliente han sido identificadas en las ofertas de mercadeo previas, se procede a obtener un requerimiento que la empresa va a satisfacer.
- **Recepción de la Materia Prima:** El material se receipta y almacena en bodegas para clasificarlos (chatarra y aluminio primario) importado y nacional, se preparan cantidades específicas para su fundición de acuerdo al orden de producción.
- **Proceso de fundición:** La materia prima se traslada al área de fundición precisamente se coloca en el cargador del horno en lo posterior se introduce en el horno de fusión (melting), adición elementos según porcentaje de fusión y colado, controla el proceso de colado y limpia la escoria del horno de fusión finalmente se registra y reportar los lingotes producidos.
- **Proceso de homogenizado:** Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado, coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes.
- **Proceso de corte:** Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma), corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión.

- **Almacenamiento:** se apila los lingotes cortados según la medida mismos que adoptan el nombre de billets por unidad y al estar amarrados o empacados por 18u procede a llamarse sunchos, de esta manera se procede a trasportar y apilar en la bodega para el proceso de recepción de pedidos.
- **Cliente (Proceso de Salida):** Culminada la entrega del producto al consumidor final, se garantiza la satisfacción del cliente, la total complacencia en la adquisición del producto para su beneficio y comodidad.

PROCESOS DE APOYO

- **Recursos Humanos:** Se encarga de poseer personal competente dentro de un ambiente de trabajo adecuado.
- **Control de calidad:** se toma muestras del colado en probetas para la medición y comprobación del cumplimiento de ciertos elementos que se utilizan en el proceso lo cual garantiza la calidad del producto a su vez los que no cumplen se suministra al rechazo para generar nuevamente el proceso.
- **Producción:** Receptados los requerimientos del cliente, se realiza una orden de fabricación del producto con las especificaciones estándar o requeridas por el usuario y las cantidades, la comunicación se recepta por vía escrita hacia la persona encargada de la producción.
- **Mantenimiento de maquinaria y equipos:** el proceso de mantenimiento se cataloga como preventivo y se realiza posterior al cumplimiento de la producción semanal.
- **Compras:** Especificaciones de toda la materia prima e insumos necesarios, para realizar adquisiciones, se necesita toda la información necesaria del producto.
- **Ventas Locales y Nacionales:** El producto es comercializado hacia el cliente y está listo para receptarse.
- **Operaciones Logísticas:** El traslado final del producto hacia su destino nacional o internacional se lo realiza con tráiler contratados de acuerdo al orden del pedido solicitado mientras que también se realiza la entrega a la misma empresa denominados compradores internos (área de extracción) para la transformación en perfiles de aluminio o a su vez elementos de diseño arquitectónico.

- **Servicio al Cliente Nacional y Local:** Las preguntas, inquietudes sobre entrega y disponibilidad de productos son atendidas mediante el call center, que brinda toda la información requerida a su vez en el portal <http://www.cedal.com.ec/contactos.html>.
- **Asesoría Legal:** Encargada de brindar completa información y respaldo jurídico, en todos los aspectos legales de la empresa.
- **Servicios Generales:** Infraestructura disponible y ambientes de trabajo adecuados para la elaboración de los productos, además de la contratación de posibles elementos para su respaldo y mejoramiento del producto.
- **Control de Documentos y Registros:** Archivo, registro y control de la documentación contable y legal de la empresa.
- **Marketing:** La forma de comercialización de los productos se realizan mediante el uso de medios de comunicación tecnológicos, se receptan pedidos por medio de mail, mensajes de texto vía celular y llamadas telefónicas hacia las personas encargadas de receptar esta información, también se pueden recibir comentarios, sugerencias y cualquier inquietud sobre el producto en el portal www.cedal.com.ec.

10.1.2. Estudio del método de trabajo actual.

El área de Fundición de la Empresa CEDAL S.A, posee un método de trabajo que se detalla en diagramas, que mostrarán las secuencias cronológicas de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el almacenaje final de los billets.

Método Actual

En primera instancia para realizar una correcta redistribución de planta en las instalaciones del área de fundición de la Corporación ecuatoriana de Aluminio S.A. se realiza un análisis de los métodos que se emplean para la fabricación de billets de aluminio, para lo cual se utiliza diagramas donde se lleva un registro de todas las actividades y cada una de las operaciones que intervienen en la producción.

La planta de fundición de la empresa está distribuida en diferentes sub áreas de trabajo para la fabricación de lingotes o billets de aluminio, se describen a continuación: recepción, fundición, homogenizado, corte, empaquetado, embodegado.

Cada sub área realiza las actividades necesarias para la fabricación lingotes y billets de aluminio, al realizar el recorrido del área y el estudio de su composición se puede mencionar que la presente distribución de las instalaciones no posee un respaldo técnico, en base a lo interpretado se deduce que la distribución no es la adecuada, además de que el espacio de trabajo no es lo suficientemente amplio, las máquinas y los puestos de trabajo se han ubicado de manera empírica, obedeciendo a las necesidades que han surgido en la empresa, no se han tomado en cuenta criterios de seguridad y área de cubicaje del Decreto Ejecutivo 2393 que rige a nuestro país.

De acuerdo a estas observaciones la disposición actual ocasiona que se obstaculice el libre flujo de elementos que intervienen, se realizan transportes de material muy extensos o innecesarios creando problemas en el desarrollo del proceso, el movimiento del producto semi terminado hacia el homogenizado crea problemas con la optimización del tiempo puesto a que la distancia entre las máquinas de fundición y homogenizado es corto para lo que el montacargas debe acoplarse realizando maniobras que implican el empleo de tiempo adicional al programado. La bodega de materia prima es considerada como muy distante ya que se recorre alrededor de 300 m de desplazamiento.

Diagramas de Flujo

De manera principal se requiere realizar el estudio del método actual de trabajo del área de Fundición de la Empresa CEDAL S.A, posee un método de trabajo que se detalla en diagramas, que mostrarán las secuencias cronológicas de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el almacenaje final de los billets. A continuación se redacta el proceso de fundición:

- **Análisis del Proceso - Recepción de chatarra (anexo 1).**

- ✓ Ingresar la chatarra.
- ✓ Clasificación de chatarra.
- ✓ Muestreo de chatarra.
- ✓ Cumple AQL.
- ✓ Se transfiere a fundición la cantidad deseada.

- **Análisis del Proceso Productivo de Fundición (anexo 2).**

1. Recepción de la materia prima (chatarra y aluminio primario), importado y nacional.

2. Traslado de materia prima al área de fundición cargador del horno.
3. Colocación de la materia prima en cargador de chatarra.
4. Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio.
5. Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting).
6. Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje necesario en el horno de fusión y colado (casting).
7. Controla el proceso de colado.
8. Limpia la escoria del horno de fusión.
9. Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting, para que el fluido de aluminio líquido pase al desgasificador.
10. Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro), en el fluido de la colada.
11. Se adhiere Argón de pureza (4,8%); a la colada a través de la barra de grafito en el Desgasificador.
12. Realiza el control de aleación de aluminio, con ensayo de probetas cada hora según el turno de trabajo.
13. Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish.
14. Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish.
15. Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio.
16. Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes: velocidad de mesa de salida; longitud de lingotes; temperatura de (tundish, agua, casting, melting, desgasificador); revisión de filtros, tubería de agua, nivel de aceite lubricante.
17. Registra y reportar los lingotes de producidos.
18. Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado.
19. Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes.
20. Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado.
21. Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma).
22. Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión.
23. Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega.

10.1.3. Descripción del Layout actual de la Panta de Producción.

La planta de fundición de la empresa Cedal Aluminio S.A cuenta con un galpón donde se realiza sus diferentes operaciones para poder realizar los productos que se ofertan al cliente, se puede diferenciar dos sub niveles. El primero se encuentra en sentido horizontal, cuenta con techo y con una estructura Warren, abarca alrededor de 836m², aquí se ubican las principales máquinas conocidas de posición fija y equipos necesarios para la obtención de los productos finales, además al lado posterior izquierdo se dispone de un laboratorio con servicios higiénicos, el segundo sub nivel se encuentra en sentido horizontal ubicado al lado posterior derecho del primer sub nivel no cuenta con techo es decir está a la intemperie y comprende la bodega donde se receipta la chatarra en su distinta clasificación, bodega de insumos y bodega de escoria **(Revisar Anexo 03)**.

Diagrama de Recorrido Actual

En el diagrama de recorrido actual se presenta todo el movimiento del material a través de la planta para la elaboración de lingotes y billets de aluminio, se puede notar que las distancias para algunas actividades son muy extensas, tienen secuencias lejanas e interrumpidas por la disposición de las maquinas, estaciones de trabajo y ubicación de la infraestructura **(Revisar Anexo 04)**.


Diagrama de Ensamble

El diagrama de ensamble muestra todas las actividades representadas por símbolos de forma gráfica, el flujo de producto con símbolos para cada actividad: Almacenamiento, Operación, Transporte e Inspección; detallando los tiempos, cantidad y distancias recorridas para elaborar el lingote y billets, de manera sistemática se describen todas las actividades.

Curso grama Analítico

Una vez que se ha mostrado el diagrama de ensamble del proceso de fabricación, se elabora el curso grama analítico basado en el material el cual muestra la trayectoria del producto. La Tabla 10, muestra el curso grama analítico que se establece en forma analógica al diagrama de ensamble, pero utilizando además los símbolos de operación, inspección, transporte, espera y almacenamiento, sumando un total de 508,86 y 15,88 m. Mediante este curso grama se estima las operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos con sus respectivos tiempos, cantidades y distancias recorridas por el material.

Tabla 10: Cursograma Analítico Actual del proceso productivo del Área de Fundición

|  | | CORPORACION ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A | | | | | | |
|--|----------------|---|---------------------|------------------------------|----------|----------|----------|-----------------------|
| | | Cursograma Analítico | | Operario / Material / Equipo | | | | |
| | | Diagrama N°1 | | Resumen | | | | |
| Objeto: Lingotes - billets de aluminio | | Actividad | Actual | Propuesto | Economía | | | |
| Actividad: producción de lingotes | | Operación | ○ | 11 | | | | |
| Método: Actual | | Transporte | ⇒ | 3 | | | | |
| Lugar: Planta de producción | | Espera | □ | 1 | | | | |
| Operarios: | | Inspección | □ | 6 | | | | |
| Elaborado por: Verónica Vaca | | Fecha: 09/12/2018 | Almacenamiento | ▽ | 2 | | | |
| Aprobado por: | | Fecha: | Distancia (m) | 149,8 | | | | |
| | | | Tiempo (min/hombre) | 433,407 | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Tiempo (min) | Distancia (metros) | símbolos | | | | | Observaciones |
| | | | ○ | ⇒ | □ | □ | ▽ | |
| Recepción de la materia prima (chatarra y aluminio primario), importado y nacional. | 145,139 | | | | | | | montacargas |
| Traslado de materia prima al área de fundición cargador del homo. | 4,079 | 66,2 | | | | | | montacargas |
| Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. | 1,659 | 2,1 | | | | | | montacargas |
| Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. | 0,659 | 5,2 | | | | | | a mano |
| Introducción de la chatarra de aluminio a homo de fusión (melting). | 51,959 | 4,4 | | | | | | cuchara - homo |
| Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje necesario en homo de fusión y colado (casting). | 55,359 | | | | | | | a mano |
| Controla el proceso de colado. | 21,659 | 3,1 | | | | | | a mano |
| Limpia la escoria del homo de fusión. | 16,819 | 46,5 | | | | | | a mano |
| Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting, para que el fluido de aluminio líquido pase al desgasificador. | 14,379 | | | | | | | a mano |
| Agrega el aditivo Tibor (Titanio-Boro), en el fluido de la colada. | 3,959 | | | | | | | a mano |
| Se adhiere Nitrógeno; a la colada a través de la barra de grafito en el Desgasificador. | 7,059 | | | | | | | a mano |
| Realiza el control de aleación de aluminio, con ensayo de probetas cada hora según el turno de trabajo. | 13,659 | 10,2 | | | | | | a mano |
| Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. | 8,059 | | | | | | | a mano |
| Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | 49,959 | | | | | | | a mano |
| Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | 8,759 | | | | | | | a mano |
| Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes: velocidad de mesa de salida; longitud de lingotes; temperatura de (tundish, agua, casting, melting, desgasificador); revisión de filtros, tubería de agua, nivel de aceite lubricante. | 3,359 | | | | | | | a mano |
| Registra y reportar los lingotes de producidos. | 6,659 | 2,8 | | | | | | a mano |
| Transporta los lingotes hacia el homo de homogenizado. | 2,219 | 1,6 | | | | | | montacargas |
| Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 3,659 | | | | | | | a mano |
| Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 2,059 | 3,2 | | | | | | a mano |
| Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 8,069 | 2,7 | | | | | | montacargas |
| Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión. | 2,259 | | | | | | | máquina - sierra loma |
| Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega | 1,959 | 1,8 | | | | | | montacargas |
| TOTAL | 433,407 | 149,8 | 11 | 3 | 1 | 6 | 2 | |

Fuente: Elaborado por el Autor

Análisis del Proceso Productivo de Fundición

Almacenamiento 1: Recepción de la materia prima (chatarra y aluminio primario), importado y nacional.

Transporte 1: Traslado de materia prima al área de fundición cargador del horno.

Operación 1: Colocación de la materia prima en cargador de chatarra.

Inspección 1: Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio.

Operación 2: Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting).

Operación 3: Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje necesario en horno de fusión y colado (casting).

Inspección 2: Controla el proceso de colado.

Operación 4: Limpia la escoria del horno de fusión.

Espera 1: Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting, para que el fluido de aluminio líquido pase al desgasificador.

Operación 5: Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro), en el fluido de la colada.

Operación 6: Se adhiere Argón de pureza (4,8%); a la colada a través de la barra de grafito en el Desgasificador.

Inspección 3: Realiza el control de aleación de aluminio, con ensayo de probetas cada hora según el turno de trabajo.

Operación 7: Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish.

Operación 8: Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish.

Inspección 4: Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio.

Inspección 5: Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes: velocidad de mesa de salida; longitud de lingotes; temperatura de (tundish, agua, casting, melting, desgasificador); revisión de filtros, tubería de agua, nivel de aceite lubricante.

Operación 9: Registra y reportar los lingotes de producidos.

Transporte 2: Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado.

Operación 10: Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes.

Inspección 6: Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado.

Transporte 3: Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma).

Operación 11: Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión.

Almacenamiento 2: Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega.

De esta manera se describen todas las actividades que posee el curso grama analítico para la elaboración de los lingotes – billets de aluminio producto que se obtienen en el área de fundición de la Corporación ecuatoriana de aluminio S.A.

10.2. Actividades del Objetivo 2

Medir los procesos de producción para la optimización del desempeño en la oferta del producto.

10.2.1. Medición directa de tiempos sobre distancias sintéticamente en las principales actividades del proceso productivo del área.

A continuación, se realiza el estudio de tiempos en todas las actividades que se efectúan para obtener los lingotes o billets.

Para iniciar con el estudio se procede a seleccionar un trabajador calificado, es decir aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo. Esa insistencia en seleccionar trabajadores calificados tiene su razón de ser. La experiencia ha demostrado que las cifras exactas se sitúan dentro de un margen de velocidad bastante limitado, alrededor de lo normal para un trabajador calificado, observando a trabajadores lentos se suele llegar a tiempos demasiado largos.

De acuerdo al método tradicional, el procedimiento para determinar el número de observaciones preliminares (n') establece que hay que realizar una muestra de 10 lecturas sí los ciclos son menores o iguales a 2 minutos y 5 lecturas sí los ciclos son mayores de 2 minutos, esto se debe a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar. Además, se utiliza un cronometraje de vuelta a cero en donde los tiempos se toman directamente.

Cálculo del desempeño tipo

Desempeño tipo es el rendimiento que obtienen naturalmente y sin forzarse los trabajadores calificados, como promedio de la jornada o turno, siempre que conozcan y respeten el método especificado y que se los haya motivado para aplicarse. A ese desempeño corresponde el valor 100 en las escalas de valoración del ritmo y del desempeño.

Tiempo Básico

Es el tiempo que se tarda un operario en efectuar un elemento de trabajo de manera normal.

Ecuación 7: Calculo del tiempo Básico

$$TB = \frac{\text{Tiempo observado} \times \text{Valor del tiempo observado}}{\text{Valor del ritmo}}$$

(7)

Tiempo Estándar

La obtención del tiempo estándar es un punto importante para la realización del trabajo investigativo ya que se determina el tiempo que un operario se demora en realizar una actividad de manera normal tomando en cuenta suplementos por descanso dependiendo las condiciones de trabajo de la empresa.

Cálculo de Suplementos

Al realizar un estudio de métodos es imprescindible identificar un método perfeccionado en donde el trabajador gaste la menor energía posible; sin embargo, se debe prever ciertos suplementos para que el trabajador pueda compensar la fatiga y descansar, así mismo un tiempo para que el trabajador pueda ocuparse de sus necesidades personales.

En la tabla 13 se muestra la clasificación de los suplementos, se puede observar que los señalados por descanso (destinados a reponerse de la fatiga) son la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo básico. Los demás suplementos se aplican solamente bajo ciertas condiciones especiales y necesarias dependiendo de la empresa.

Los suplementos por descanso son los que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la realización de un trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su valor depende de la naturaleza del trabajo, su ponderación está determinado en porcentaje.

A continuación, se presenta un ejemplo del procedimiento necesario para efectuar el estudio de tiempos.

Una vez que se han identificado las operaciones y se ha registrado datos importantes de las operaciones, se descompone la tarea en elementos para poder efectuar correctamente el correspondiente estudio de tiempos como se puede visualizar en la Tabla 11, donde se incluyen los transportes para realizar las actividades.

Tabla 11. Descripción de Actividades: Fundición de chatarra de aluminio.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES | |
|--|---|
| PRODUCTO: Lingote | ESTUDIO N° 1 |
| MATERIAL: Aluminio | |
| OPERACIÓN: Fundición de chatarra | |
| MÁQUINA: Horno de Fundición / horno de homogenizado / sierra loma / briqueteadora | |
| A | Recepción de la materia prima. |
| B | Traslado de materia prima al horno. |
| C | Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. |
| D | Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. |
| E | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). |
| F | Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje |
| G | Controla el proceso de colado. |
| H | Limpia la escoria del horno de fusión. |
| I | Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting. |
| J | Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro). |
| K | Se adhiere Argón de pureza (4,8%). |
| L | Realiza el control de aleación de aluminio. |
| M | Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. |
| N | Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. |
| O | Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. |
| P | Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes |
| Q | Registra y reportar los lingotes de producidos. |
| R | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. |
| S | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. |
| T | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. |
| U | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). |
| V | "Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión." |
| W | "Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega" |

Fuente: Elaborado por los Autores.

A continuación se elabora el estudio de tiempos, en la Tabla 12 se detalla los tiempos observados para la operación de Fundición de chatarra, se ha tomado en cuenta esta operación ya que en ella se realiza varias actividades y son principales para la obtención del producto, se

puede mostrar de manera más completa el estudio de tiempos realizado, una vez que se ha cronometrado los tiempos de las actividades, se anota en el casillero correspondiente, posteriormente se suman y se anotan en el cuadro denominado “T”, seguidamente se realiza un promedio de los tiempos observados y se registra en la celda P; la valoración V es la de un trabajador calificado igual a 100, con todos los datos antes mencionados se aplica la Ecuación 7 para determinar el tiempo básico de la operación.

Tabla 12. Hoja de Datos del Tiempo Básico: Fundición de chatarra de aluminio

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|---|---------|--------|-----|--------|
| ÁREA: Fundición | | | | | | | | | | ESTUDIO N°: 1 | | | | |
| OPERACIÓN: Recepción de chatarra / Fundición de chatarra / Homogenizado de lingotes / Corte de Lingotes / Almacenamiento de sunchos. | | | | | | | | | | HOJA N°: 01 | | | | |
| PRODUCTO: Lingotes / billets de aluminio. MATERIAL: Aluminio | | | | | | | | | | COMIENZO: 08:00 am TÉRMINO: 15:00pm TIEMP. TRANS: 8horas | | | | |
| FECHA: 12/12/2018 OBSERVADO POR: Verónica Vaca | | | | | | | | | | | | | | |
| Descripción del Elemento | CICLO (MIN) | | | | | | | | | | RESÚMEN | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | T | P | V | TB |
| A | 145,2 | 145,51 | 144,29 | 145,2 | 144,9 | 145,39 | 144,49 | 145,51 | 145,7 | 145,2 | 1451,39 | 145,14 | 100 | 145,14 |
| B | 4,14 | 4,45 | 3,23 | 4,14 | 3,84 | 4,33 | 3,43 | 4,45 | 4,64 | 4,14 | 40,79 | 4,08 | 100 | 4,08 |
| C | 1,72 | 2,03 | 0,81 | 1,72 | 1,42 | 1,91 | 1,01 | 2,03 | 2,22 | 1,72 | 16,59 | 1,66 | 100 | 1,66 |
| D | 0,72 | 1,03 | -0,19 | 0,72 | 0,42 | 0,91 | 0,01 | 1,03 | 1,22 | 0,72 | 6,59 | 0,66 | 100 | 0,66 |
| E | 52,02 | 52,33 | 51,11 | 52,02 | 51,72 | 52,21 | 51,31 | 52,33 | 52,52 | 52,02 | 519,59 | 51,96 | 100 | 51,96 |
| F | 55,42 | 55,73 | 54,51 | 55,42 | 55,12 | 55,61 | 54,71 | 55,73 | 55,92 | 55,42 | 553,59 | 55,36 | 100 | 55,36 |
| G | 21,72 | 22,03 | 20,81 | 21,72 | 21,42 | 21,91 | 21,01 | 22,03 | 22,22 | 21,72 | 216,59 | 21,66 | 100 | 21,66 |
| H | 16,88 | 17,19 | 15,97 | 16,88 | 16,58 | 17,07 | 16,17 | 17,19 | 17,38 | 16,88 | 168,19 | 16,82 | 100 | 16,82 |
| I | 14,44 | 14,75 | 13,53 | 14,44 | 14,14 | 14,63 | 13,73 | 14,75 | 14,94 | 14,44 | 143,79 | 14,38 | 100 | 14,38 |
| J | 4,02 | 4,33 | 3,11 | 4,02 | 3,72 | 4,21 | 3,31 | 4,33 | 4,52 | 4,02 | 39,59 | 3,96 | 100 | 3,96 |
| K | 7,12 | 7,43 | 6,21 | 7,12 | 6,82 | 7,31 | 6,41 | 7,43 | 7,62 | 7,12 | 70,59 | 7,06 | 100 | 7,06 |
| L | 13,72 | 14,03 | 12,81 | 13,72 | 13,42 | 13,91 | 13,01 | 14,03 | 14,22 | 13,72 | 136,59 | 13,66 | 100 | 13,66 |
| M | 8,12 | 8,43 | 7,21 | 8,12 | 7,82 | 8,31 | 7,41 | 8,43 | 8,62 | 8,12 | 80,59 | 8,06 | 100 | 8,06 |
| N | 50,02 | 50,33 | 49,11 | 50,02 | 49,72 | 50,21 | 49,31 | 50,33 | 50,52 | 50,02 | 499,59 | 49,96 | 100 | 49,96 |
| O | 8,82 | 9,13 | 7,91 | 8,82 | 8,52 | 9,01 | 8,11 | 9,13 | 9,32 | 8,82 | 87,59 | 8,76 | 100 | 8,76 |
| P | 3,42 | 3,73 | 2,51 | 3,42 | 3,12 | 3,61 | 2,71 | 3,73 | 3,92 | 3,42 | 33,59 | 3,36 | 100 | 3,36 |

$$\text{Tiempo Estándar} = 204,65 + (204,65 \times 12\%) + 228,76$$

$$\text{Tiempo Estándar} = 457\text{min con } 97 \text{ Seg. / lote}$$

De la misma manera se realiza un estudio de tiempos para todas las actividades. La Tabla 14 muestra un resumen del estudio de tiempos realizado en el que se puede observar el tiempo estándar de cada una de las actividades.

Tabla 14: Resumen General del Estudio de Tiempos de la producción de Lingotes / billets de Aluminio

| Operaciones | Tiempo Básico (TB) | Tiempo Manual (T.A.M.) | Tiempo de Máquina (T.C.M.) | Suplementos | Tiempo Tipo Estándar (en minutos) |
|---|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|
| a. Recepción de la materia prima. | 145,14 | 12,7 | 132,44 | 21 | 166,14 |
| b. Traslado de materia prima al horno. | 4,08 | 1,02 | 3,06 | 2 | 6,08 |
| c. Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. | 1,66 | 0,6 | 1,06 | 2 | 3,66 |
| d. Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. | 0,66 | 0,24 | 0,42 | 0,2 | 0,86 |
| e. Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 51,96 | 14 | 37,96 | 3 | 54,96 |
| f. Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje | 55,36 | 38,36 | 17 | 6 | 61,36 |
| g. Controla el proceso de colado. | 21,66 | 17,2 | 4,46 | 3,3 | 24,96 |
| h. Limpia la escoria del horno de fusión. | 16,82 | 3,8 | 13,02 | 4 | 20,82 |
| i. Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting. | 14,38 | 10,98 | 3,4 | 0,8 | 15,18 |
| j. Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro). | 3,96 | 0,9 | 3,06 | 0,12 | 4,08 |
| k. Se adhiere Argón de pureza (4,8%). | 7,06 | 5,14 | 1,92 | 0,12 | 7,18 |
| l. Realiza el control de aleación de aluminio. | 13,66 | 9,76 | 3,9 | 0,6 | 14,26 |
| m. Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. | 8,06 | 0,3 | 7,76 | 0,5 | 8,56 |
| n. Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | 49,96 | 40,96 | 9 | 6 | 55,96 |
| o. Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | 8,76 | 6,16 | 2,6 | 1,6 | 10,36 |
| p. Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes | 3,36 | 1,12 | 2,24 | 0,5 | 3,86 |
| q. Registra y reportar los lingotes de producidos. | 6,66 | 5,2 | 1,46 | 0,7 | 7,36 |
| r. Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 2,22 | 0,22 | 2 | 0,3 | 2,52 |
| s. Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 3,66 | 2,76 | 0,9 | 0,1 | 3,76 |
| t. Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 2,06 | 1,86 | 0,2 | 0,19 | 2,25 |

| | | | | | |
|--|---|------|------|------|-------------------|
| u. Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 8,07 | 0,6 | 7,47 | 0,05 | 8,12 |
| v. "Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión." | 2,26 | 0,98 | 1,28 | 0,15 | 2,41 |
| w. "Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega" | 1,96 | 1,1 | 0,86 | 0,18 | 2,14 |
| | Tiempo estándar para la elaboración de lingotes / billets de aluminio | | | | 486,82 min |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Cálculo de la Capacidad de Producción

Para el cálculo de la productividad se toma en cuenta algunas variables las cuales son:

- ✓ Producción = 44 lingotes
- ✓ Tiempo estándar (Ts) = 486,82 min
- ✓ Día de trabajo = 24 horas = 1440 min
- ✓ Semana de trabajo = 7 días
- ✓ Mes de trabajo = 4 semanas
- ✓ Año de trabajo = 12 meses

En lo posterior se procede a calcular la producción diaria, semanal, mensual y anual del área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.

➤ **Producción Diaria Calculada**

$$44 \text{ Lingotes} \quad \text{-----} \quad 486,82 \text{ min}$$

$$\text{Producción Diaria} \quad \text{-----} \quad 1440 \text{ min}$$

$$\text{Producción Diaria} = \frac{1440 \text{ min} * 44 \text{ lingotes}}{486,82 \text{ min}}$$

$$\text{Producción Diaria} = 130,15 \text{ Lingotes}$$

$$\text{Producción diaria} = 130 \text{ Lingotes}$$

➤ **Producción Semanal Calculada**

$$\text{Producción Semanal} = \text{Producción Diaria} \times 7 \text{ días}$$

$$\text{Producción Semanal} = 130 \text{ Lingotes} \times 7 \text{ días}$$

$$\text{Producción Semanal} = 910 \text{ Lingotes}$$

➤ **Producción Mensual Calculada**

$$\text{Producción Mensual} = \text{Producción Semanal} \times 4 \text{ semanas}$$

$$\text{Producción Mensual} = 910 \text{ Lingotes} \times 4 \text{ semanas}$$

Producción Mensual = 3640 Lingotes

➤ **Producción Anual Calculada**

Producción Anual = Producción Mensual x 12 meses

Producción Anual = 3640 Lingotes x 12 meses

Producción Anual = 43680 Lingotes

Para determinar la capacidad de producción (Cp) se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cp = \frac{1}{ts} \quad (9)$$

$$Cp = \frac{1/1}{486,82 \text{ min}/44 \text{ lingotes}}$$

$$Cp = 0.09 \frac{\text{lingotes}}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{jornada}}$$

$$Cp = 130,20 \text{ lingotes / jornada}$$

$$Cp = \mathbf{130 \text{ lingotes / jornada}}$$

10.2.2. Balanceo de líneas en el proceso productivo del área.

El balanceo de líneas de ensamble se realiza con el objetivo de minimizar el desequilibrio entre operaciones mientras se cumple con la producción requerida, es decir busca ajustar la tasa de producción al personal o plan de producción además de igualar la carga de trabajo entre operaciones agrupándolas en centros de trabajo, reducir o eliminar el tiempo ocioso y de ese modo lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipos.

Desarrollo del balance de una línea de ensamble

Los datos iniciales que se requiere para llevar a cabo el balanceo de líneas en el proceso para la producción de lingotes de aluminio se toma la capacidad de producción real que posee diariamente, teniendo como dato estadístico de la empresa 130 lingotes por día aproximadamente.

Es necesario también listar las tareas que comprenden el proceso de producción con sus respectivos tiempos y especificar la secuencia de las relaciones de las tareas. La Tabla 14 muestra esta información.

Paso 1. Diagrama de precedencia

El diagrama de precedencia del proceso de un lingote de aluminio se presenta en la figura 21, el cual indica que elementos de trabajo deben realizarse antes de que los siguientes puedan comenzar, las estaciones de trabajo se representan por medio de círculos mostrando sobre ellos el tiempo requerido para realizar el trabajo correspondiente y las flechas conducen de las estaciones de trabajo predecesores a los siguientes.

Paso 2. Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo se halla utilizando la ecuación 10.

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día (minutos)}}{\text{Producción real por día (lingotes)}}$$

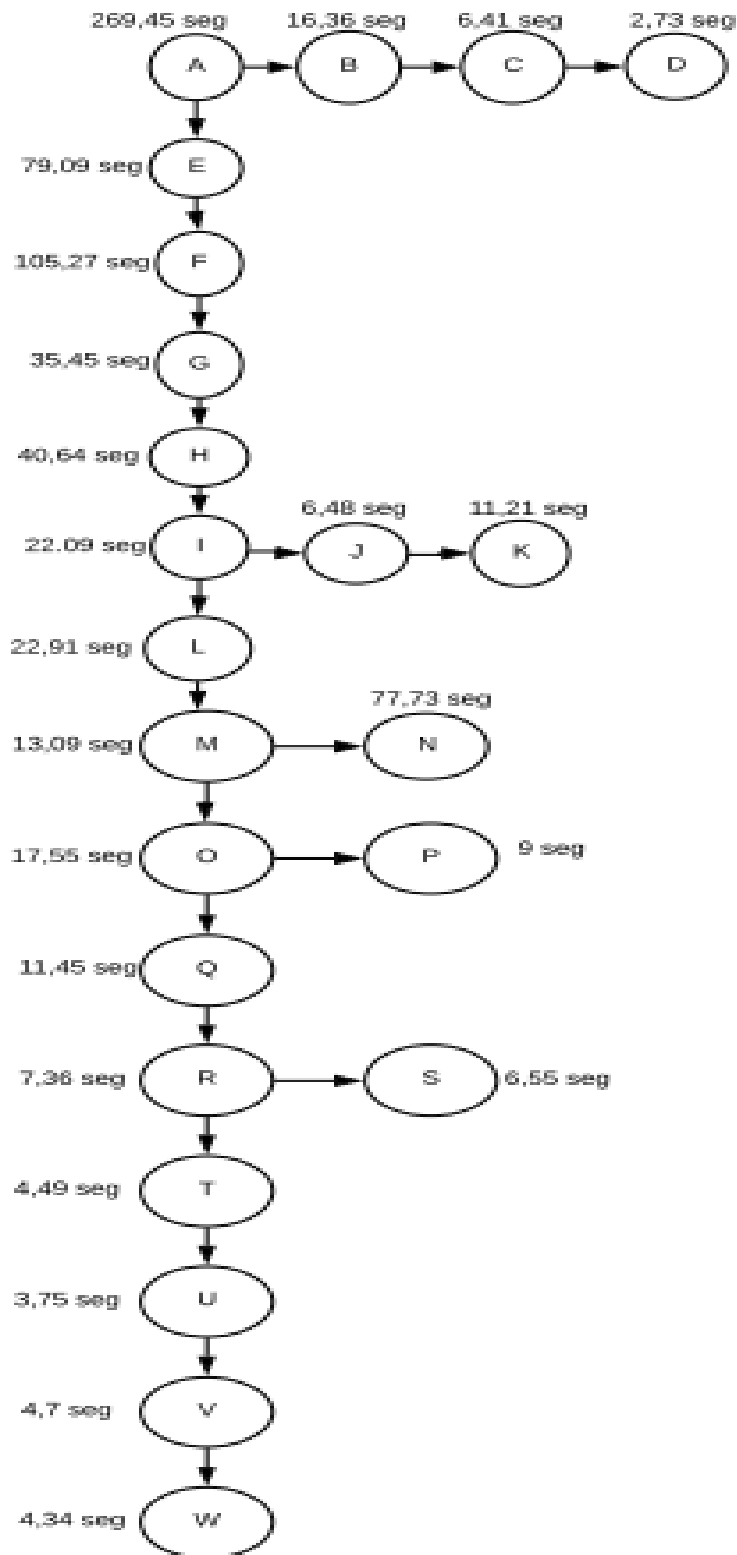
$$C = \frac{1440}{130} \quad (10)$$

$$C = 11,076 \text{ min}$$

$$C = \mathbf{664,62 \text{ seg.}}$$

Diagrama de precedencia Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedral S.A

Figura 19: Diagrama de precedencia del proceso productivo del Área de Fundición.



Fuente: Elaborado por el Autor.

Tabla 15: Tareas del proceso productivo del Área de Fundición.

| Tarea | Tiempo de la tarea (seg) | Descripción | Tareas que preceden |
|-----------------|---------------------------------------|---|----------------------------|
| A | 9968,4 | Recepción de la materia prima. | B,E |
| B | 364,8 | Traslado de materia prima al horno. | C |
| C | 219,6 | Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. | D |
| D | 51,6 | Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. | - |
| E | 3297,6 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | F |
| F | 3681,6 | Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje | G |
| G | 1497,6 | Controla el proceso de colado. | H |
| H | 1249,2 | Limpia la escoria del horno de fusión. | I |
| I | 910,8 | Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting. | J,L |
| J | 244,8 | Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro). | K |
| K | 430,8 | Se adhiere Argón de pureza (4,8%). | |
| L | 855,6 | Realiza el control de aleación de aluminio. | M,O |
| M | 513,6 | Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. | N |
| N | 3357,6 | Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | - |
| O | 621,6 | Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | P,Q |
| P | 231,6 | Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes | |
| Q | 441,6 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | R |
| R | 151,2 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | S,T |
| S | 225,6 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | |
| T | 135 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | U |
| U | 487,2 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | V |
| V | 144,6 | "Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión." | W |
| W | 128,4 | "Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega" | - |
| Total(T) | 29210,4 seg. / 44 lingotes | | |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Paso 3. Mínimo número teórico de estaciones de trabajo requeridas

Para determinar el número de estaciones de trabajo se utiliza la ecuación 11.

Ecuación 9: Cálculo de las estaciones de trabajos requeridas.

$$Nt = \frac{T}{c} \quad (11)$$

$$Nt = \frac{29210,4/130}{130}$$

$$Nt = 1,73$$

$$Nt \approx 2 \text{ Estaciones}$$

Paso 4. Reglas de asignación

- a) Es necesario clasificar las tareas por orden de prioridad según el número más alto de tareas subsiguientes, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Tareas Subsiguientes.

| Tarea | Número de subsiguientes | Tarea | Número de subsiguientes |
|----------|-------------------------|----------|-------------------------|
| A | 14 | M | 7 |
| B | 15 | N | 8 |
| C | 16 | O | 6 |
| D | 17 | P | 7 |
| E | 13 | Q | 5 |
| F | 12 | R | 4 |
| G | 11 | S | 5 |
| H | 10 | T | 3 |
| I | 9 | U | 2 |
| J | 10 | V | 1 |
| K | 11 | W | 0 |
| L | 8 | | |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Se agrupan las tareas y se dan prioridad las tareas con base en las que duren más tiempo como se puede apreciar en la Tabla 17.

Tabla 17: Agrupación tareas subsiguientes

| Tarea | Número de subsiguientes |
|--------------|--------------------------------|
| D | 17 |
| C | 16 |
| B | 15 |
| A | 14 |
| E | 13 |
| F | 12 |
| G,K | 11 |
| H,J | 10 |
| I | 9 |
| L,N | 8 |
| M,P | 7 |
| O | 6 |
| Q | 5 |
| R | 4 |
| T | 3 |
| U | 2 |
| V | 1 |
| W | 0 |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Paso 5. Efectuar las asignaciones para formar la estación de trabajo

Se determina el equilibrio basado en la regla del número mayor de tareas subsiguientes como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18: Balanceo Basado en las Reglas de Asignación.

| Estaciones | Tarea | Tiempo de la tarea en segundos (uni /seg) |
|-------------------|--------------|--|
| 1 | A | 226,55 |
| | F | 83,67 |
| | N | 76,31 |
| | E | 74,95 |
| | G | 34,04 |
| | H | 28,39 |
| | I | 20,7 |
| | L | 19,45 |
| | O | 14,13 |
| | M | 11,67 |
| | U | 11,07 |
| | Q | 10,04 |
| 2 | K | 9,79 |
| | B | 8,29 |
| | J | 5,56 |
| | P | 5,26 |
| | S | 5,13 |
| | C | 4,99 |
| | R | 3,44 |
| | V | 3,29 |
| | T | 3,07 |
| | W | 2,92 |
| | D | 1,17 |

Fuente: Elaborado por el Autor

POM-QM Software para Balanceo de Líneas

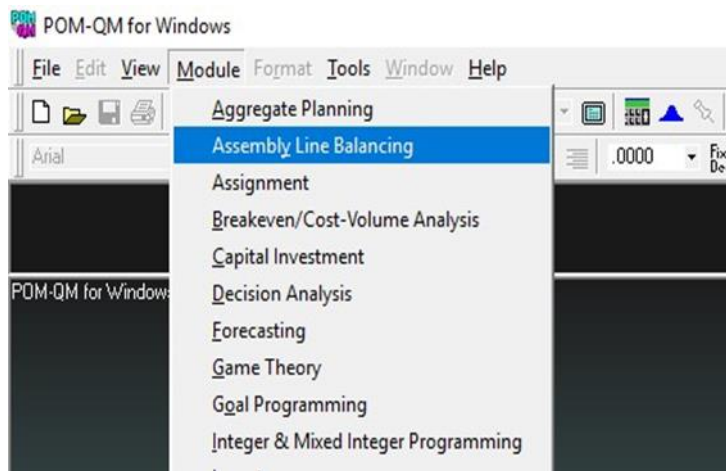
Para tener una certeza y comparar los cálculos realizados manualmente, se aplica el software POM-QM, haciendo uso de la herramienta para el balanceo de líneas de ensamble creando un

modelo de solución y de esta manera poder realizar la nueva distribución en las instalaciones del área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A para lo cual se siguen los siguientes pasos:

Paso 1. Crear un Nuevo Archivo

Al abrir el programa inmediatamente se despliega el menú de herramientas, en este caso se selecciona “Assembly Line Balancing” para proceder a balancear las líneas de ensamble como se muestra en la Figura 22.

Figura 20: Crear Archivo POM.



Fuente: POM-QM Software.

Paso 2. Abrir Nuevo Proyecto

Inmediatamente se despliega un menú, en el cual se debe introducir el título del proyecto, el número de tareas que se tiene en el proceso, en este caso son 22, las unidades de tiempo con las que se va a trabajar, para el cual se selecciona segundos, también se debe escoger la nomenclatura con la que se va a denominar a las tareas, para el proyecto se trabaja con letras del alfabeto en mayúsculas como se puede observar en la Figura 23 y finalmente aceptamos y se crea el proyecto nuevo.

Figura 21: Nuevo Proyecto POM



Fuente: POM-QM Software.

Paso 3. Ingresar Datos

A continuación, se visualiza la tabla de datos en la Figura 24, donde se deben ingresar los tiempos de cada tarea y las tareas predecesoras de cada una, las tareas predecesoras se tienen que colocar una por casillero. Existe una opción en las herramientas que se puede observar en la Figura 24 en el que se puede calcular el tiempo de ciclo y donde también se lo puede escribir directamente, para el proyecto ya se dispone del tiempo que es de 288 segundos.

Figura 22: Tabla de Datos

| TASK | Seconds | Predecessor 1 | Predecessor 2 | Predecessor 3 | Predecessor 4 | Predecessor 5 | Predecessor 6 |
|------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| A | 0 | | | | | | |
| B | 0 | | | | | | |
| C | 0 | | | | | | |
| D | 0 | | | | | | |
| E | 0 | | | | | | |
| F | 0 | | | | | | |
| G | 0 | | | | | | |
| H | 0 | | | | | | |
| I | 0 | | | | | | |
| J | 0 | | | | | | |
| K | 0 | | | | | | |
| L | 0 | | | | | | |
| M | 0 | | | | | | |
| N | 0 | | | | | | |
| O | 0 | | | | | | |
| P | 0 | | | | | | |
| Q | 0 | | | | | | |
| R | 0 | | | | | | |
| S | 0 | | | | | | |
| T | 0 | | | | | | |
| U | 0 | | | | | | |
| V | 0 | | | | | | |

Fuente: POM-QM Software.

Paso 4. Solución

Una vez que los datos han sido ingresados correctamente, como se visualiza en la Figura 25, se procede a resolver el proyecto escogiendo la opción “Solve” y a continuación el programa expone los resultados obtenidos como se mira en la Figura 23.

Figura 23: Solución de la tabla de datos.

| Method | | Cycle time computation | | Task time unit | | | |
|------------------------|---------|------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Longest operation time | | Given 664,62 | | seconds | | | |
| | | Computed | | | | | |
| FUNDICION_CEDA | | | | | | | |
| TASK | Seconds | Predecessor 1 | Predecessor 2 | Predecessor 3 | Predecessor 4 | Predecessor 5 | Predecessor 6 |
| A | 269,45 | B | E | | | | |
| B | 16,36 | C | | | | | |
| C | 6,41 | D | | | | | |
| D | 2,73 | | | | | | |
| E | 79,09 | F | | | | | |
| F | 105,27 | G | | | | | |
| G | 35,45 | H | | | | | |
| H | 40,64 | I | | | | | |
| I | 22,09 | J | L | | | | |
| J | 6,48 | K | | | | | |
| K | 11,21 | | | | | | |
| L | 22,91 | | M | O | | | |
| M | 13,09 | N | | | | | |
| N | 77,73 | | | | | | |
| O | 17,55 | P | Q | | | | |
| P | 9 | | | | | | |
| Q | 11,45 | R | | | | | |
| R | 7,36 | S | T | | | | |
| S | 6,55 | | | | | | |
| T | 4,49 | U | | | | | |
| U | 3,75 | V | | | | | |
| V | 4,7 | W | | | | | |
| W | 4,34 | | | | | | |

Fuente: POM-QM Software.

Se pueden seleccionar varios métodos de respuesta que el software dispone, como primera opción de solución se selecciona el método que trabaja con la operación con mayor tiempo como se observa en la Figura 24.

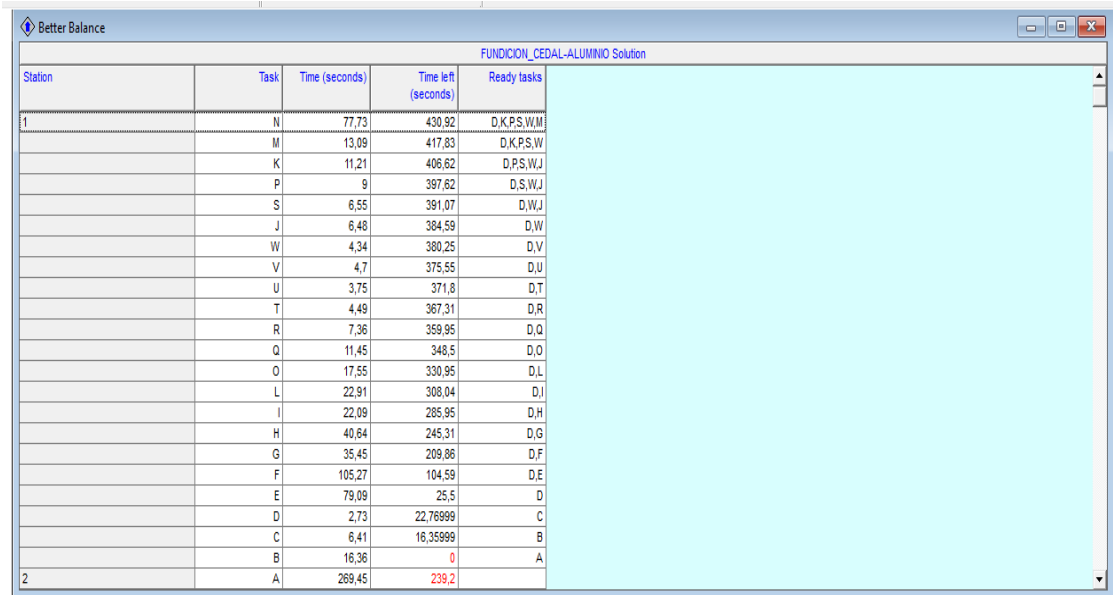
Figura 24: Métodos de Solución.

| Method | | Cycle time computation | | Task time unit | | | |
|---|------|------------------------|---------------------|----------------|--|--|--|
| Longest operation time | | Given 288 | | seconds | | | |
| | | Computed | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Longest operation time Most following tasks Ranked positional weight Shortest operation time Fewest following tasks | | | | | | | |
| FUNDICION_CEDAL-ALUMNIO Solution | | | | | | | |
| Station | Task | Time (seconds) | Time left (seconds) | Ready tasks | | | |
| 1 | N | 77,73 | 586,27 | D,K,N,P,S,W | | | |
| | M | 13,09 | 573,18 | D,K,P,S,W,M | | | |
| | K | 11,21 | 561,97 | D,P,S,W,J | | | |
| | P | 9 | 552,97 | D,S,W,J | | | |
| | S | 6,55 | 546,42 | D,W,J | | | |
| | J | 6,48 | 539,94 | D,W | | | |
| | W | 4,34 | 535,6 | D,V | | | |
| | V | 4,7 | 530,9 | D,U | | | |
| | U | 3,75 | 527,15 | D,T | | | |
| | T | 4,49 | 522,66 | D,R | | | |
| | R | 7,36 | 515,3 | D,Q | | | |
| | Q | 11,45 | 503,85 | D,O | | | |
| | O | 17,55 | 486,3 | D,L | | | |
| | L | 22,91 | 463,39 | D,I | | | |
| | I | 22,09 | 441,3 | D,H | | | |
| | H | 40,64 | 400,66 | D,G | | | |
| | G | 35,45 | 365,21 | D,F | | | |
| | F | 105,27 | 259,94 | D,E | | | |
| | E | 79,09 | 180,85 | D | | | |
| | D | 2,73 | 178,12 | C | | | |
| | C | 6,41 | 171,71 | B | | | |
| | B | 16,36 | 155,35 | A | | | |
| 2 | A | 269,45 | 394,55 | | | | |

Fuente: POM-QM Software.

Los resultados obtenidos se miran en la Figura 27, donde se obtienen 2 estaciones de trabajo que se necesita para la producción de lingotes de aluminio.

Figura 25: Resultados de las estaciones de trabajo.



| Station | Task | Time (seconds) | Time left (seconds) | Ready tasks |
|---------|------|----------------|---------------------|-------------|
| 1 | N | 77,73 | 430,92 | D,K,P,S,W,M |
| | M | 13,09 | 417,83 | D,K,P,S,W |
| | K | 11,21 | 406,62 | D,P,S,W,J |
| | P | 9 | 397,62 | D,S,W,J |
| | S | 6,55 | 391,07 | D,W,J |
| | J | 6,48 | 384,59 | D,W |
| | W | 4,34 | 380,25 | D,V |
| | V | 4,7 | 375,55 | D,U |
| | U | 3,75 | 371,8 | D,T |
| | T | 4,49 | 367,31 | D,R |
| | R | 7,36 | 359,95 | D,Q |
| | Q | 11,45 | 348,5 | D,O |
| | O | 17,55 | 330,95 | D,L |
| | L | 22,91 | 308,04 | D,I |
| | I | 22,09 | 285,95 | D,H |
| | H | 40,64 | 245,31 | D,G |
| | G | 35,45 | 209,86 | D,F |
| | F | 105,27 | 104,59 | D,E |
| | E | 79,09 | 25,5 | D |
| | D | 2,73 | 22,76999 | C |
| | C | 6,41 | 16,35999 | B |
| | B | 16,36 | 0 | A |
| 2 | A | 269,45 | 239,2 | |

Fuente: POM-QM Software.

En la Figura 28 se incluyen los datos del tiempo de ciclo y la eficiencia de las estadísticas de los resultados.

Figura 26. Resumen Estadístico de los resultados.

| Summary Statistics | | |
|--|--------|---------------|
| Cycle time | 664 | seconds |
| Min (theoretical) # of stations | 2 | |
| Actual # of stations | 2 | |
| Time allocated (cycle time * # stations) | 1.328 | seconds/cycle |
| Time needed (sum of task times) | 778,1 | seconds/unit |
| Idle time (allocated-needed) | 549,9 | seconds/cycle |
| Efficiency (needed/allocated) | 58,59% | |
| Balance Delay (1-efficiency) | 41,41% | |

Fuente: POM-QM Software.

El software brinda la oportunidad de observar las posibles respuestas heurísticamente en la Figura 29 de acuerdo a los datos ingresados y para el caso del proyecto en todas las opciones se coincide que se necesitan 2 estaciones de trabajo en el proceso de elaboración del producto analizado.

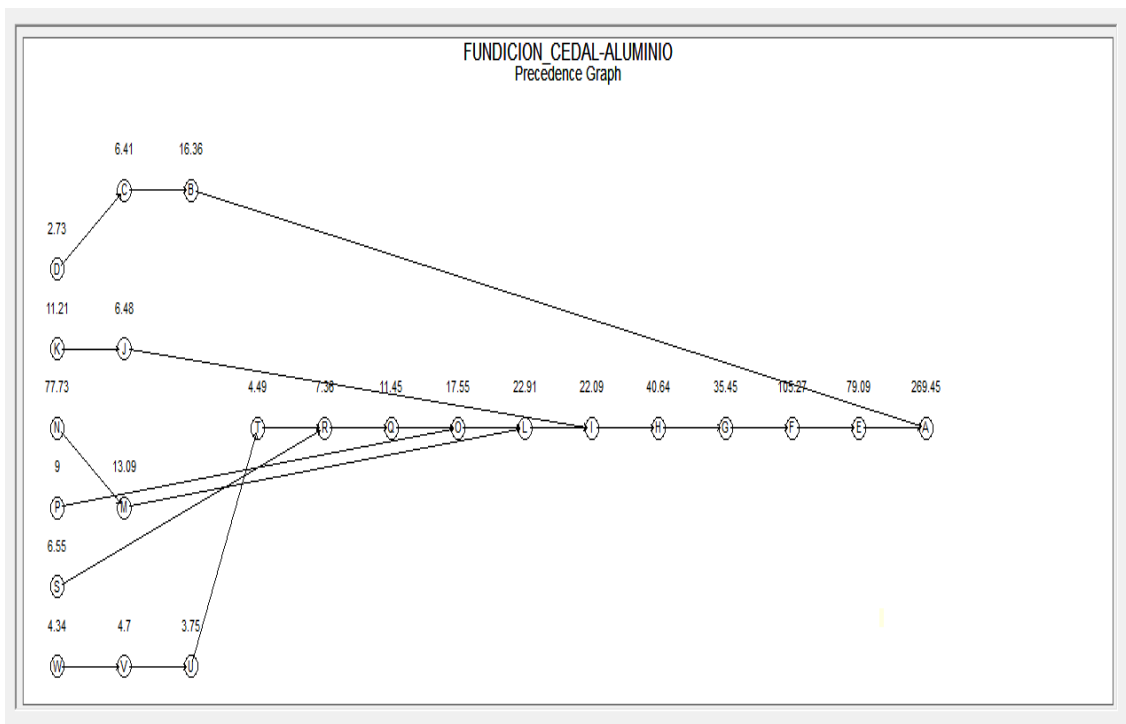
Figura 27: Respuestas Heurísticas de las estaciones de trabajo.

| Method | Number of stations |
|--------------------------|--------------------|
| Longest operation time | 2 |
| Most following tasks | 2 |
| Ranked positional weight | 2 |
| Shortest operation time | 2 |
| Fewest following tasks | 2 |

Fuente: POM-QM Software.

El diagrama de precedencia que el programa genera se puede observar en la Figura 29, notando que se incluyen los tiempos dando preferencia a los más largos.

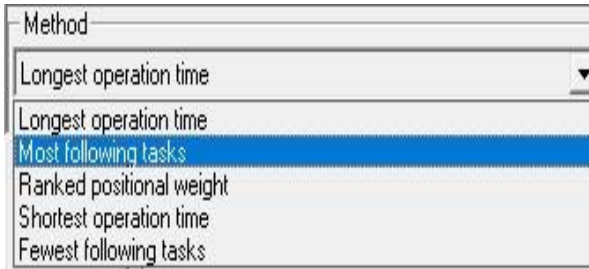
Figura 29: Diagrama de Precedencia POM.



Fuente: POM-QM Software.

Como segunda opción de resolución se procede a escoger la que da prioridad según el número más alto de tareas subsiguientes, como se puede mirar en la Figura 30.

Figura 28: Mayor Cantidad de Tareas Subsiguientes.



Fuente: POM-QM Software.

Los resultados que se obtienen usando este criterio de solución se pueden visualizar en la Figura 31, teniendo 2 estaciones de trabajo de igual manera.

Figura 29: Solución Mayor de la cantidad de Tareas subsiguientes.

| Assembly Line Balancing Results | | | | |
|-----------------------------------|------|----------------|---------------------|---------------------------|
| FUNDICION_CEDAL-ALUMINIO Solution | | | | |
| Station | Task | Time (seconds) | Time left (seconds) | Ready tasks (# followers) |
| | | | | B),S(10),W(13) |
| 1 | W | 4,34 | 659,66 | B),S(10),V(12) |
| | V | 4,7 | 654,96 | (B),S(10),U(11) |
| | U | 3,75 | 651,21 | (B),S(10),T(10) |
| | S | 6,55 | 644,66 | N(8),P(8),T(10) |
| | T | 4,49 | 640,17 | ,N(8),P(8),R(9) |
| | R | 7,36 | 632,81 | ,N(8),P(8),Q(8) |
| | N | 77,73 | 555,08 | P(8),Q(8),M(7) |
| | P | 9 | 546,08 | K(7),Q(8),M(7) |
| | Q | 11,45 | 534,63 | K(7),M(7),O(7) |
| | K | 11,21 | 523,42 | ,M(7),O(7),J(6) |
| | M | 13,09 | 510,33 | D(3),O(7),J(6) |
| | O | 17,55 | 492,78 | D(3),J(6),L(6) |
| | J | 6,48 | 486,3 | D(3),L(6) |
| | L | 22,91 | 463,39 | D(3),I(5) |
| | I | 22,09 | 441,3 | D(3),H(4) |
| | H | 40,64 | 400,66 | D(3),G(3) |
| | D | 2,73 | 397,93 | G(3),C(2) |
| | G | 35,45 | 362,48 | C(2),F(2) |
| | C | 6,41 | 356,07 | F(2),B(1) |
| | F | 105,27 | 250,8 | B(1),E(1) |
| | B | 16,36 | 234,44 | E(1) |
| | E | 79,09 | 155,35 | A(0) |
| 2 | A | 269,45 | 394,55 | |

Fuente: POM-QM Software.

La eficiencia del balanceo de líneas es de 76,49% con el criterio de la tarea con más subsiguientes, como se puede mirar en la Figura 32.

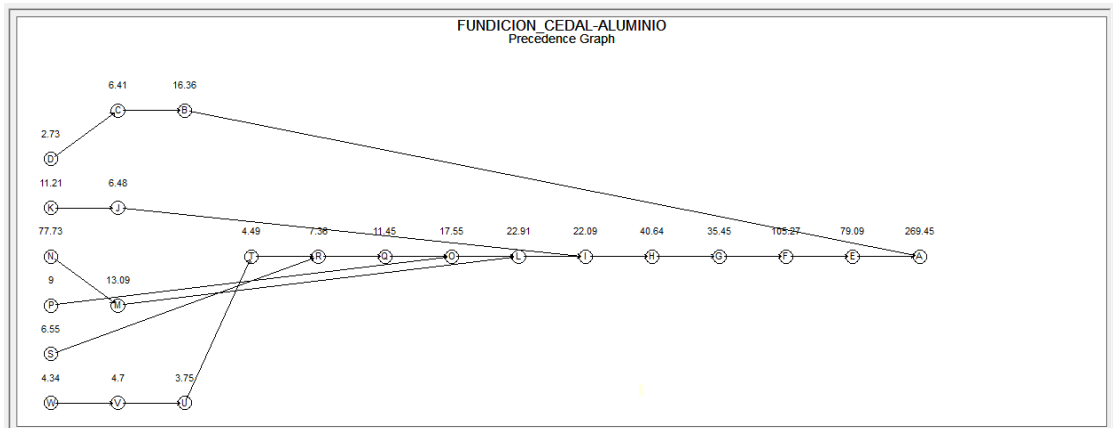
Figura 30: Resultado de la eficiencia del balanceo de líneas.

| Summary Statistics | | | |
|---------------------------------|---------|---------------|--|
| Cycle time | 508,65 | seconds | |
| Time allocated (cyc*sta) | 1.017,3 | seconds/cycle | |
| Time needed (sum task) | 778,1 | seconds/unit | |
| Idle time (allocated-needed) | 239,2 | seconds/cycle | |
| Efficiency (needed/allocated) | 76,49% | | |
| Balance Delay (1-efficiency) | 23,51% | | |
| Min (theoretical) # of stations | 2 | | |

Fuente: POM-QM Software.

De igual manera el diagrama de precedencia con la solución actual se puede observar en la Figura 33, notando que se da prioridad a la mayor cantidad de tareas subsiguientes.

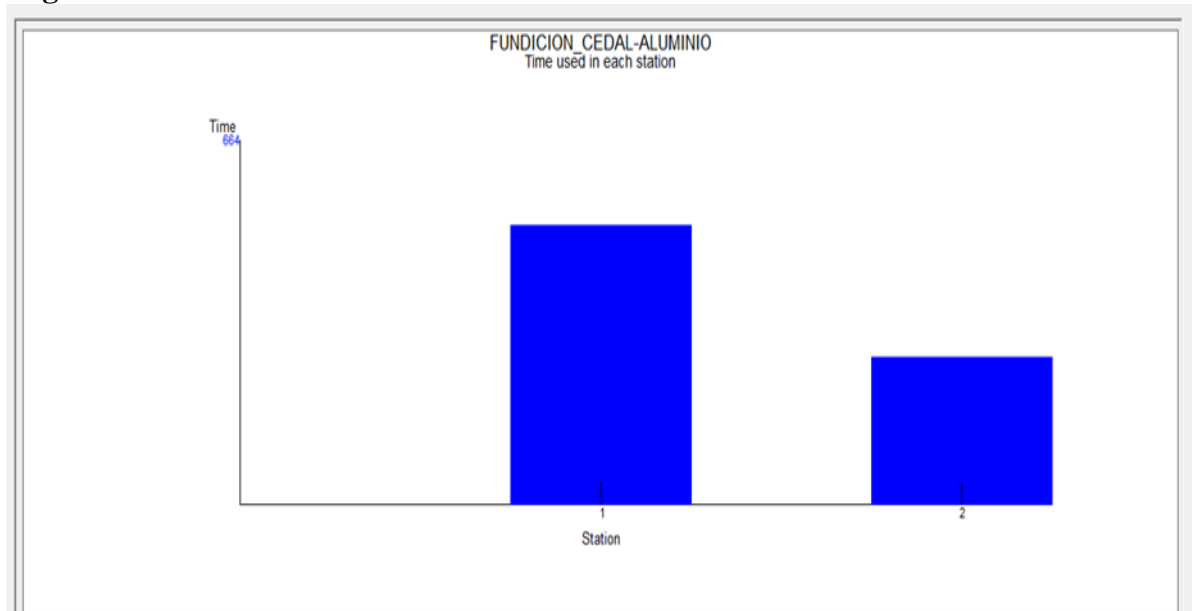
Figura 31: Diagrama de Predencia.



Fuente: POM-QM Software.

La Figura 34 representa de forma gráfica cada uno de los puestos de trabajo presentes en la propuesta, donde se indica el grado de saturación (utilización) que tiene cada uno de ellos. A simple vista se puede notar que las líneas para la producción de lingotes de aluminio, no están establemente equilibradas es decir existe una diferencia de **estación 1 = 508,7 – estación 2 = 269,5** dando como resultado 239,2 de desequilibrio.

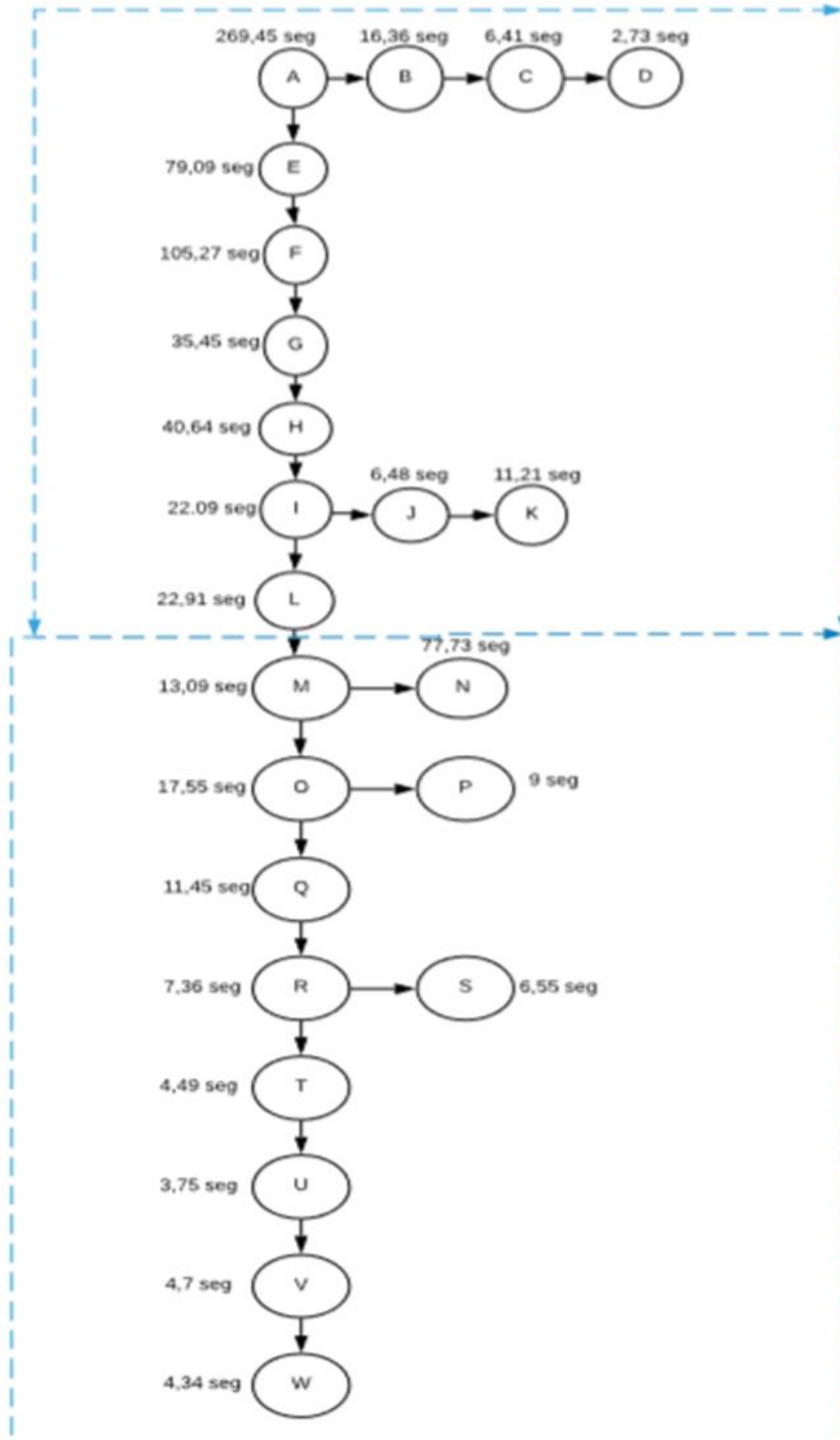
Figura 32: Gráfica del balanceo de líneas del Área de fundición



Fuente: POM-QM Software.

El diagrama con las 2 estaciones de trabajo propuestas se aprecia en la Figura 35.

Figura 33: Diagrama de Precedencia y estaciones de trabajo.



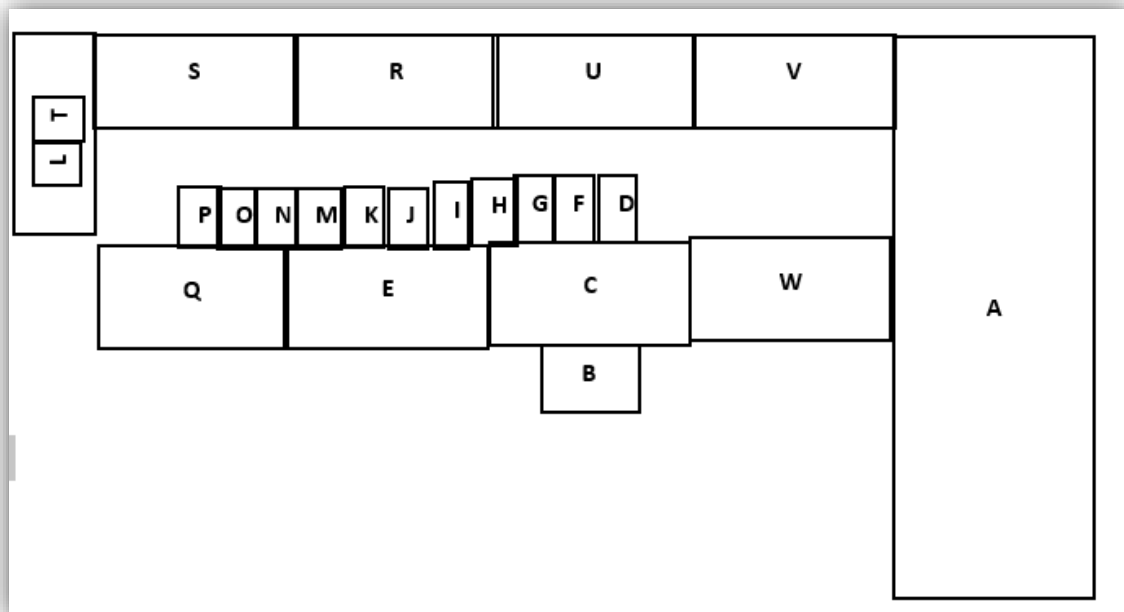
Fuente: Software en Línea Lucid chart.

Costo de Manejo de Materiales

Para trabajar con el software es preciso hacer un análisis de costo de manejo de materiales, la Corporación ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A tiene 22 sub procesos productivos para la fabricación de la Lingotes de aluminio donde se realizan los pasos necesarios para determinar el costo de mover los materiales.

1. Se representa una ilustración con un modelo gráfico actual del flujo productivo que se observa en la Figura 36, en el cual están estipulados los sub procesos productivos para la fabricación de Lingotes de aluminio, en la Tabla 21 se describe todos los sub procesos del modelo gráfico, incluyendo ya la nomenclatura necesaria que se utiliza para la solución propuesta.

Figura 34: Modelo gráfico actual del flujo productivo.



Fuente: POM-QM Software.

2. Se determina el flujo productivo que está representado en la Tabla 22, donde se incluye todos los transportes entre procesos (desde y hacia) y sus respectivas cargas.

Para el análisis del flujo productivo se toma como guía la producción real de 910 Lingotes de aluminio que actualmente se producen aproximadamente en el periodo de una semana laborable, lo que sirve para determinar la cantidad de carga para cada proceso.

3. Se elabora una matriz de 4 filas por 23 columnas que representan los procesos, se anotan las (cargas) cantidades que posee cada proceso, estos datos se pueden observar en la Tabla 19.

Tabla 19: Procesos Productivos del Área de fundición.

| N° | PROCESOS PRODUCTIVOS | CÓDIGO WIN QSB |
|-----------|---|-----------------------|
| 1 | Recepción de la materia prima. | 1 |
| 2 | Traslado de materia prima al horno. | 2 |
| 3 | Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. | 3 |
| 4 | Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. | 4 |
| 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 5 |
| 6 | Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje | 6 |
| 7 | Controla el proceso de colado. | 7 |
| 8 | Limpia la escoria del horno de fusión. | 8 |
| 9 | Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting. | 9 |
| 10 | Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro). | A |
| 11 | Se adhiere Argón de pureza (4,8%). | B |
| 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | C |
| 13 | Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. | D |
| 14 | Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | E |
| 15 | Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | F |
| 16 | Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes | G |
| 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | H |
| 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | I |
| 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | J |
| 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | K |
| 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | L |
| 22 | "Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión." | M |
| 23 | "Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega" | N |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Tabla 20: Flujo de producción de lingotes de aluminio.

| N° Proc. | Desde | N° Proc. | Hacia | Cantidad (kg/mes) | Detalle |
|----------|---|----------|--|-------------------|--|
| 1 | Recepción de materia prima | 3 | Colocación de la materia | 9780750 | Se adhiere dos tipos de chatarra: negra y perfil preusas, adicional aluminio puro. |
| 3 | Colocación de la materia | 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 9780750 | Ingresa la misma cantidad de chatarra seleccionada. |
| 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 132543 | Se considera la escoria como desperdicio del proceso de fusión y la adición de elementos químicos. |
| 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 169,67 | Se considera cantidades mínimas tomadas como muestra para el control respectivo. |
| 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 1553587,2 | Lingotes con dimensiones específicas de acuerdo al pedido de producción. |
| 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 1553587,2 | A la vez se apila para continuar con el siguiente subproceso. |
| 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 1553587,2 | Se homogeniza un lote y medio de producción. |
| 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 1447660,8 | Lingotes que cumplen parámetros de calidad. |
| 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 22 | Corta lingotes en billets. | 1447660,8 | Se corta de acuerdo al tamaño requerido por el área de extrusión. |
| 22 | Corta lingotes en billets. | 23 | Billets de aluminio para entregar al área de bodega. | 1461240 | Se entrega sunchos de 18uni aproximadamente. |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Tabla 21: Matriz del Flujo de producción de lingotes de aluminio.

| DESDE /HACIA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | PROC | ESO | |
|--------------|---|---|---------|---|---------|---|---|---|---|----|----|--------|----|----|----|----|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|------|-----|---|
| 1 | | 0 | 9780750 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | A |
| 2 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | B |
| 3 | | | | 0 | 9780750 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | C |
| 4 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | D |
| 5 | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 132543 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | E |
| 6 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | F |
| 7 | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | G |
| 8 | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | H |
| 9 | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | I |
| 10 | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | J |
| 11 | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | K |
| 12 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | L |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | M |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | N |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | O |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | P |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1553587,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | Q |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1553587,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | R |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1553587,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | S |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1447660,8 | 0 | 0 | 0 | 20 | T |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1447660,8 | 0 | 0 | 21 | U |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1461240 | 0 | 22 | V |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 23 | W |

Fuente: Elaborado por los Autores

4. Para el análisis de costos se considera el sueldo de los empleados debido a que son los que realizan el transporte de los materiales.

- Sueldo mensual de los trabajadores (Salario básico unificado año 2019)
- Décimo tercer sueldo (Equivale a la doceava parte de las remuneraciones percibidas en el año)
- Décimo cuarto sueldo (Es un salario mínimo por todo un año trabajado)
- Aportación al IEES (11.15% del sueldo percibido)
- Fondos de reserva (8.33% del sueldo percibido)

Cada trabajador recibe \$394 por su labor, más \$32,83 que equivale al porcentaje mensual de décimo tercero, más \$32,83 que equivale al porcentaje mensual de décimo cuarto aproximadamente, más \$43,93 del aporte del empleador al IEES y más \$32,82 correspondiente al valor de los fondos de reserva, por lo tanto, mensualmente un trabajador percibe \$498,29.

A este valor se le multiplica por 12 meses tomando en cuenta que un trabajador realiza 8 horas al día, de tal manera que anualmente el trabajador recibe

$$\text{Sueldo anual} = \$733,41 * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Sueldo anual} = \$8800,92 / \text{año}$$

Para calcular el número total de horas trabajadas se estima que un trabajador labora 40 horas semanales por 48 semanas al año:

$$\text{T. horas anual} = \frac{168 \text{ horas} * 48 \text{ semanas}}{\text{semanas} * \text{año}}$$

$$\text{T. horas anual} = \frac{8064 \text{ horas}}{\text{año}}$$

Para determinar finalmente el costo de cada trabajador por hora:

$$\text{Costo por hora} = \frac{8800,92 \text{ dólares/año}}{8064 \text{ horas/año}}$$

$$\text{Costo por hora} = 1.09 \text{ dólares / hora}$$

Ahora se realizan los cálculos concernientes para determinar el costo de mover 3960 Lingotes de Aluminio mismos que representan la producción mensual en el área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A, previamente se deben obtener los tiempos que se toman en trasladar los materiales entre los procesos productivos como se muestran en la tabla 22.

Tabla 22: Tiempos de Traslado entre Procesos

| N° Proc. | Desde | N° Proc. | Hacia | Tiempo |
|----------|---|----------|--|---------------|
| 1 | Recepción de materia prima | 3 | Colocación de la materia | 0,214 minutos |
| 3 | Colocación de la materia | 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 0,58 minutos |
| 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 0,179 minutos |
| 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 0,93 minutos |
| 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 0,28 minutos |
| 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 0,16 minutos |
| 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 0,360 minutos |
| 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 0,36 minutos |
| 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 22 | Corta lingotes en billets. | 0,508 minutos |
| 22 | Corta lingotes en billets. | 23 | Entrega Billets de aluminio al área de bodega. | 0,171 minutos |

Fuente: Elaborado por el Autor.

- ✓ **Costo de mover desde la Recepción de materia prima hasta Colocación de la materia prima.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 214 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 11,66 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde la Colocación de la materia prima hasta Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting).**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 58 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 3,16 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting) hasta Realiza el control de aleación de aluminio.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 179 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 9,76 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Realiza el control de aleación de aluminio, hasta Registra y reportar los lingotes de producidos.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 93 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 5,07 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Registra y reportar los lingotes de producidos, hasta Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 28 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 1,53 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado, hasta Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 16 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 0,872 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes hasta Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 360 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 19,62 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado hasta Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma).**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 36 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 1,96 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma), hasta Corta lingotes en billets.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 508 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 27,69 \text{ dólares}$$

- ✓ **Costo de mover desde se Corta lingotes en billets, hasta la Entrega Billets de aluminio al área de bodega.**

$$\text{Costo} = \frac{\$3,27 * 171 \text{ minutos} * 1 \text{ hora}}{\text{hora} * \text{material} * 60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Costo} = 9,32 \text{ dólares}$$

A continuación, se presenta en la Tabla 23 un resumen de los costos de transportar los materiales a través de los sub procesos en el proceso de producción del área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedral S.A.

Tabla 23: Costo de mover el material.

| N° Proc. | Desde | N° Proc. | Hacia | Costo (\$) |
|-----------------|---|-----------------|--|-------------------|
| 1 | Recepción de materia prima | 3 | Colocación de la materia | 11,66 dólares |
| 3 | Colocación de la materia | 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 3,16 dólares |
| 5 | Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 9,76 dólares |
| 12 | Realiza el control de aleación de aluminio. | 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 5,07 dólares |
| 17 | Registra y reportar los lingotes de producidos. | 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 1,53 dólares |
| 18 | Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 0,872 dólares |
| 19 | Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 19,62 dólares |
| 20 | Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 1,96 dólares |
| 21 | Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 22 | Corta lingotes en billets. | 27,69 dólares |
| 22 | Corta lingotes en billets. | 23 | Entrega Billets de aluminio al área de bodega. | 9,32 dólares |

Fuente: Elaborado por el Autor.

En un sentido explicativo y comprender el costo de mover los materiales entre procesos se elabora una tabla de doble entrada como se muestra en la Tabla 24, el fin de elaborar esta tabla es para poder identificar los costos de transportar el material tomando como base el tiempo que se recorre y el costo de la hora de trabajo.

Tabla 24: Matriz de costos de mover el material.

| DESDE / HACIA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | PROC | ESO | |
|---------------|---|---|---------|---|--------|---|---|---|---|----|----|--------|----|----|----|----|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|------|-----|---|
| 1 | | 0 | \$11,66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | A |
| 2 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | B |
| 3 | | | | 0 | \$3,16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | C |
| 4 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | D |
| 5 | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | \$9,76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | E |
| 6 | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | F |
| 7 | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | G |
| 8 | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | H |
| 9 | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | I |
| 10 | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | \$5,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | J |
| 11 | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | K |
| 12 | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | L |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | M |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | N |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | O |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | P |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$1,53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | Q |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$0,82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | R |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$19,62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | S |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$1,96 | 0 | 0 | 0 | 20 | T |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$27,69 | 0 | 0 | 21 | U |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \$9,32 | 0 | 22 | V |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | W |

Fuente: Elaborado por el Autor.

10.2.3. Análisis de las instalaciones en las que se desarrollan las principales actividades del proceso productivo del área.

WinQSB Software para Distribución de Instalaciones

Cuando ya se ha calculado el costo de mover los materiales en el proceso productivo, se procede a usar los datos obtenidos e introducirlos en el programa.

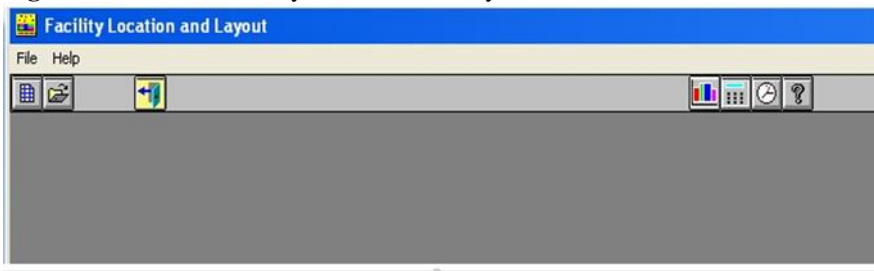
WinQSB utiliza los mecanismos típicos de la interface de Windows, es decir, ventanas, menús desplegables, barras de herramientas, etc. Por lo tanto, el manejo del programa es similar a cualquier otro que utilice el entorno Windows.

Para la resolución de problemas de distribución en planta el software utiliza un método heurístico basado en el algoritmo CRAFT (en inglés Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual permite obtener la mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones sucesivas de sus departamentos o unidades estructurales, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos.


Ingreso de datos en el programa WinQSB

Al ingresar al programa, escoger la opción Facility Location and Layout, que se encuentra en el menú de opciones y aparecerá la ventana mostrada en la Figura 37.

Figura 35: Pantalla Facility Location and Layout



Fuente: Software WinQSB.

Se elige el icono  donde se despliega un nuevo proyecto, se necesita ingresar un título, proponer el tipo de problema que se desea resolver para el caso es Funcional Layout, enseguida se anota el número de departamentos que se desean distribuir, en el proyecto son procesos con un número de 22 mostrados en la Figura 38 y finalmente antes de aceptar seleccionamos el criterio que para el presente trabajo es la minimización de costos.

Cuando se han ingresado los datos requeridos para la solución del proyecto, aparece la matriz del flujo productivo con el número de filas y columnas, nótese que anteriormente se ingresaron 22 departamentos funcionales

Figura 36: Especificaciones del problema.

Fuente: Software WinQSB.

Para trabajar en la matriz se necesitan conocer los siguientes criterios:

- **Numero de departamento (Department number):** En esta columna se genera por defecto los departamentos solicitados en la Figura 39.
- **Nombre de departamentos (Department name):** En esta columna se genera por defecto los nombres de los departamentos, los cuales servirán para identificarlos en el layout.
- **Localización arregla (Location Fixed):** Esta columna nos permite tener dos opciones para los departamentos, primero “NO” lo cual le indica al programa que dicho departamento no es fijo y puede moverse libremente, mientras que la opción “YES” indica al software que el departamento es fijo y no se puede mover de su posición.
- **Al departamento 1 [Flujo/Costo] (To department 1 [Flow/Unit Cost]):** En esta columna debemos indicar los flujos de material hacia el departamento 1, luego pondremos un slash “/” para poder introducir el costo de transporte de hacia el departamento 1.

Ingreso de los datos al programa WinQSB.

En la figura 39, muestra la pantalla para el ingreso de datos de los criterios específicos en el programa para obtener los resultados de la mejor redistribución del Área de fundición de la empresa CEDAL S.A.

Figura 37: Ingreso de Datos.

| Department Number | Department Name | Location Fixed | To Dep. 1 Flow/Unit Cost | To Dep. 2 Flow/Unit Cost | To Dep. 3 Flow/Unit Cost | To Dep. 4 Flow/Unit Cost | To Dep. 5 Flow/Unit Cost | To Dep. 6 Flow/Unit Cost | To Dep. 7 Flow/Unit Cost | To Dep. 8 Flow/Unit Cost | To Dep. 9 Flow/Unit Cost | To Dep. 10 Flow/Unit Cost | To Dep. 11 Flow/Unit Cost | To Dep. 12 Flow/Unit Cost | To D Flow/Unit Cost |
|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | 1 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | A | No | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | B | No | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | C | No | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | D | No | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | E | No | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | F | No | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | G | No | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | H | No | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | I | No | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | J | No | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | K | No | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | L | No | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | M | No | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | N | No | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Software WinQSB.

Conocidos los criterios específicos, se procede a llenar las celdas como se mira en la Figura 40 y 41, con los datos que se han obtenido previamente.

Figura 38: Ingreso datos de los criterios específicos en el programa WinQSB.

| Department Number | Department Name | Location Fixed | To Dep. 1 Flow/Unit Cost | To Dep. 2 Flow/Unit Cost | To Dep. 3 Flow/Unit Cost | To Dep. 4 Flow/Unit Cost | To Dep. 5 Flow/Unit Cost | To Dep. 6 Flow/Unit Cost | To Dep. 7 Flow/Unit Cost | To Dep. 8 Flow/Unit Cost | To Dep. 9 Flow/Unit Cost | To Dep. 10 Flow/Unit Cost | To Dep. 11 Flow/Unit Cost | To Dep. 12 Flow/Unit Cost | To D Flow/Unit Cost |
|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | 1 | No | | | | | 9780750/14,93 | | | | | | | | |
| 2 | 2 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5 | No | | | | | | 5850/4,20 | | 108675/3,05 | | | | | |
| 6 | 6 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8 | No | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9 | No | | | | | | | | | | 13860/1,20 | | | |
| 10 | A | No | | | | | | | | | | | 4158/0,44 | | |
| 11 | B | No | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | C | No | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | D | No | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | E | No | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | F | No | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | G | No | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | H | No | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | I | No | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | J | No | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | K | No | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | L | No | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | M | No | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | N | No | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Software WinQSB.


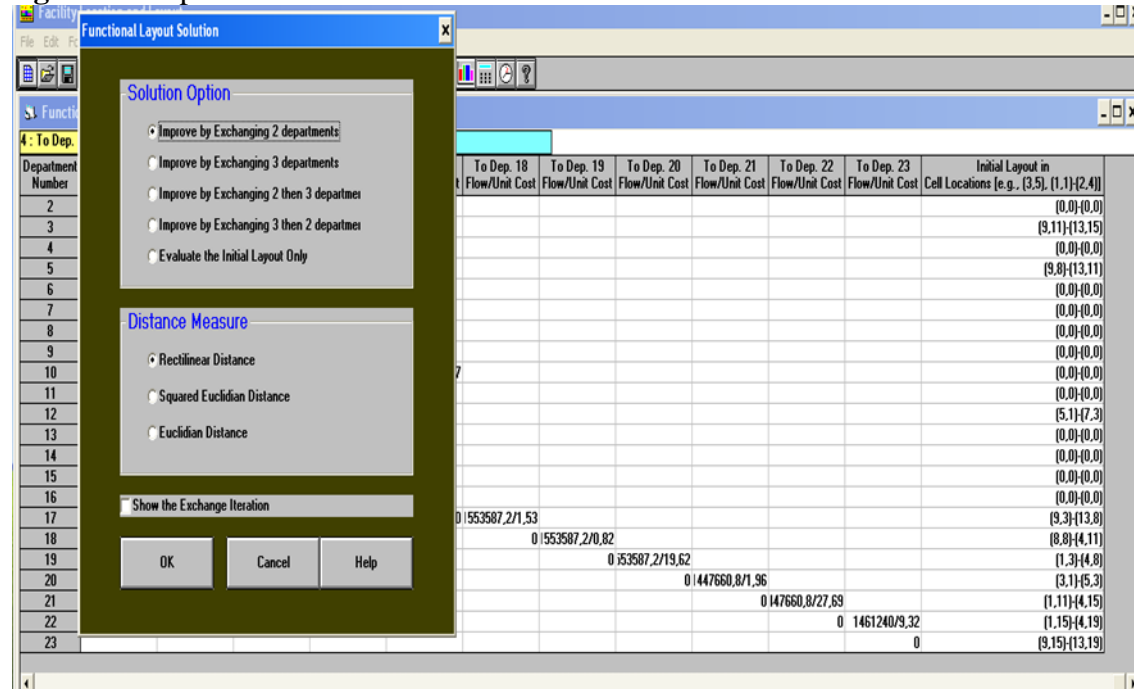
Cuando se han ingresado todos los datos en sus respectivas celdas, se procede a revisar los valores ingresados con el objeto de evitar errores cuando el programa resuelva el problema, luego se pulsa el ícono “Solve the Problem”  enseguida aparece una ventana como la de la Figura 41 con los criterios que se pueden seleccionar.

Figura 39: Opciones de solución.



Fuente: Software WinQSB.

Opción de solución (Solution Option): Este cuadro de dialogo nos permite elegir lo forma de la que el programa va resolver el problema.

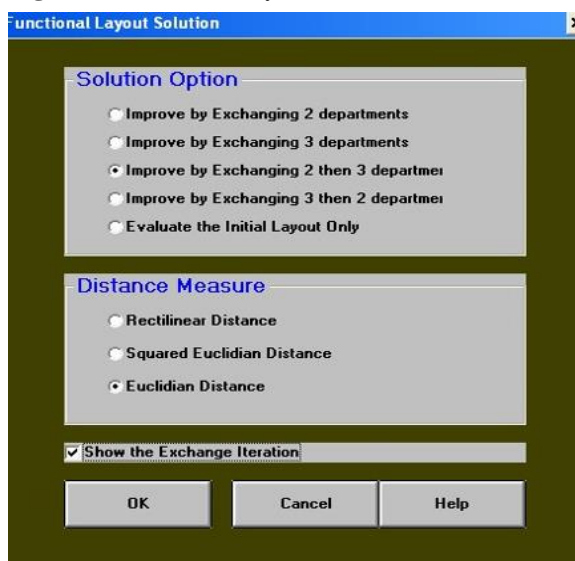
- Mejorar por el intercambio de 2 departamentos (Improve by exchanging 2 departments), se utiliza para intercambiar 2 departamentos a la misma vez.
- Mejorar por el intercambio de 3 departamentos (Improve by exchanging 3 departments), se utiliza para intercambiar 3 departamentos a la misma vez.
- Mejorar por el intercambio de 2 departamentos y luego 3 departamentos (Improve by exchanging 2 departments the 3 departments), se utiliza para intercambiar 2 departamentos a la vez y luego tres.
- Mejorar por el intercambio de 3 departamentos y luego 2 departamentos (Improve by exchanging 3 departments the 2 departments) se utiliza para intercambiar 3 departamentos a la vez y luego 2.
- Evaluar solamente el layout inicial (Evaluate the inicial layout only).

Las opciones de solución se deben escoger de acuerdo a las restricciones físicas que se posean en el estudio.

Distancia de medición (Distance measure): Esta opción nos permite elegir el forma en la que se realizara la medición de las distancias entre departamento.

- Distancia rectilínea (Rectilinear distance), departamentos con relación continua.
- Distancia euclidiana al cuadrado (Squared euclidian distance), datos varios.
- Distancia euclidiana (Euclidian Distance), departamentos sin relación continua.

Figura 40: Solución Layout.



Fuente: Software WinQSB.

Mostrar las interacciones: de los intercambios entre departamentos.

Para el presente trabajo se seleccionan las siguientes acciones, acorde a la propuesta:

- ✓ Mejorar por el intercambio de 2 departamentos y luego 3 departamentos (Improve by exchanging 2 departments the 3 departments)
- ✓ Distancia euclidiana (Euclidian Distance)
- ✓ Mostrar las interacciones de los intercambios entre departamentos

Obteniendo el layout inicial como se muestra en la Figura 43 y a continuación se procede a seleccionar el botón de iteración de layout teniendo varias opciones hasta que el programa pueda resolver, esa será la mejor propuesta que se tiene para realizar la nueva distribución.

Figura 41: Layout inicial WinQSB

| r/c | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | J | J | J | J | J | J | | | L | L | L | L | M | M | M | M | M | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | | | J | | | | | J | | | L | | | L | M | | | | M | 1 | | | 1 |
| 3 | K | K | K | J | | | | J | | | L | | | L | M | | | | M | 1 | | | 1 |
| 4 | K | | K | J | J | J | J | J | I | I | L | L | L | L | M | M | M | M | M | 1 | | | 1 |
| 5 | K | K | K | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 6 | C | C | C | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 7 | C | C | C | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 9 | | | H | H | H | H | H | H | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | N | N | N | N | N | 1 | | | 1 |
| 0 | | | H | | | | | H | 5 | | 5 | 3 | | 3 | N | | | | N | 1 | | | 1 |
| 1 | | | H | | | | | H | 5 | | 5 | 3 | | 3 | N | | | | N | 1 | | | 1 |
| 2 | | | H | | | | | H | 5 | | 5 | 3 | | 3 | N | | | | N | 1 | | | 1 |
| 3 | | | H | H | H | H | H | H | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | N | N | N | N | N | 1 | | | 1 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Total Cost = 4.749669E+11
(Euclidian Distance)

Fuente: Software WinQSB.

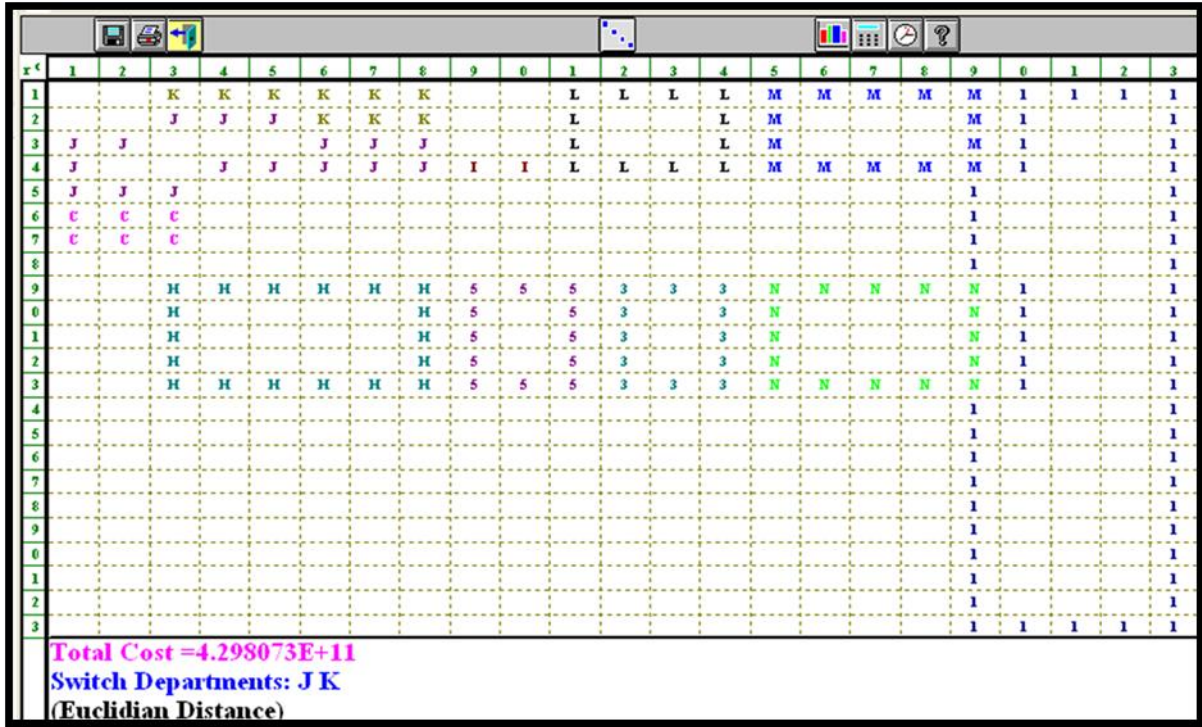
Con la ayuda del software se puede visualizar claramente la disposición de los procesos en la planta productiva para la producción de lingotes de aluminio, siendo el costo inicial de \$40.852,20 que resulta en el programa para la producción de 3900 unidades en un periodo de un mes laborable tomando en cuenta en un solo turno de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.

Seguidamente luego de realizar todas las iteraciones posibles que la interfaz nos permite, se puede observar concisamente en la Figura 44, que la mejora en la distribución de los procesos productivos es muy evidente y la reducción del costo del manejo de los materiales se reduce a un costo de \$38.848,4 por lo que la propuesta de mejora con una distribución nueva es viable.

Cabe recalcar que con la aplicación del mencionado software podemos observar la viabilidad de la redistribución optando ciertas opciones de cambio que para la implementación se requiere realizar estudios más profundos en cuanto al tipo de producción. Un claro ejemplo se puede visualizar que el programa nos recomienda el cambio de departamentos j, k los cuales en la práctica es imposible

trasladarlos debido al límite y por otra parte por la producción en línea que mantiene el proceso productivo del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Latacunga.

Figura 42: Layout propuesto



Fuente: Software WinQSB.

Comparación de los costos actuales y de la propuesta obtenida de acuerdo con el programa WinQSB.

Tabla 25: Comparación del costo Actual - Propuesta

| Layout Actual | Layout Propuesto |
|---|---|
| Total cost = 4,749669E + 11 | Total cost = 4,298073E + 11 |
| E= \$4,20 (costo por realizar la actividad E) | E= \$4,20 (costo por realizar la actividad E) |
| Total cost = 4,749669(\$4,20) + 11 | Total cost = 4,298073 (\$4,20) + 11 |
| Total cost = \$30,95 / uni | Total cost = \$29,05 / uni |
| Total cost = \$30,95 * 44 uni / uni | Total cost = \$29,05 * 44 uni / uni |
| Total cost = \$1.361,74 / lote (1 turno) | Total cost = \$1.278,28 / lote (1 turno) |
| Total cost = \$1.361,74 * 7 días | Total cost = \$1.278,28 * 7 días |
| Total cost = \$9.532,17 semanal | Total cost = \$8,947,99 semanal |
| Total cost = \$1.361,74 * 30 días | Total cost = \$1.278,28 * 30 días |
| Total cost = \$40.852,2 mensual | Total cost = \$38.348,40 mensual |

Fuente: Elaborado por el Autor.

Para analizar la reducción de los costos comparativos entre el proceso actual y el propuesto para la fabricación de 3900 unidades, se saca un valor porcentual de mejora relacionando los valores con una regla de tres.

Costo actual= \$40.852,20

Costo propuesto= \$38.348,40

Ahorro = \$40.852,20 - \$38.348,40 = \$2503,8 por lote

Entonces, Porcentaje de mejora= $(\$2503,8 * 100\%)/\$40.852,20$

Porcentaje de mejora= 6,13%

10.3. Actividades del Objetivo 3

Establecer una propuesta de redistribución eficiente y segura de las instalaciones para un óptimo desempeño del área de fundición.

10.3.1. Estudio de definiciones en cuanto a lineamientos necesarios para la distribución de plantas.

Condiciones de Seguridad Actuales

Por medio de la investigación realizada para recopilar datos sobre la situación actual de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Latacunga se observa las condiciones de trabajo del área de fundición. Al proponer una redistribución de instalaciones se hace indispensable tomar en cuenta las condiciones de trabajo en la producción de lingotes de aluminio, para lo cual se ha considerado enfocarse en los artículos del Decreto Ejecutivo 2393 y del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, los cuales hacen referencia a la distribución de instalaciones, añadiendo que el riesgo de que los trabajadores sufran accidentes es inevitable, se pretende brindar condiciones seguras para el desenvolvimiento de sus labores diarias.

Previo a elaborar la propuesta de redistribución se debe evaluar rápidamente la condición actual de trabajo de los empleados, teniendo en cuenta aspectos importantes como lo son: área de trabajo, disposición de maquinaria, condiciones ambientales, accesos y salidas de emergencia, pasos para movilización, servicios higiénicos.

Estimación del espacio de las áreas de acuerdo a la necesidad.

Condiciones y medio ambiente de trabajo: Aquellos elementos, agentes o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. Quedan específicamente incluidos en esta definición:

i. las características generales de los locales, instalaciones, equipos, productos y demás útiles existentes en el lugar de trabajo;

- ii. la naturaleza de los agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo, y sus correspondientes intensidades, concentraciones o niveles de presencia;
- iii. los procedimientos para la utilización de los agentes citados en el apartado anterior, que influyan en la generación de riesgos para los trabajadores; y
- iv. la organización y ordenamiento de las labores, incluidos los factores ergonómicos y psicosociales.

- **Accesibilidad.** - Toda construcción deberá disponer, al menos de una fachada accesible a los vehículos de servicio contra incendios y de emergencia, de manera que exista una distancia máxima de 30 m. a la edificación más alejada desde el sitio de estacionamiento y maniobras. Esta distancia disminuye en función de la altura.
- **Extintores de incendio.** - Todo establecimiento de trabajo, servicio al público, comercio, almacenaje, espectáculo o de reunión que por su uso implique riesgo de incendio, deberá contar con extintores de incendio del tipo adecuado a los materiales usados y a la clase de riesgo. El número de extintores no será inferior a uno por cada 200,00 m². Del local o fracción. Los extintores se colocarán en las proximidades a los sitios de mayor riesgo o peligro, de preferencia junto a las salidas y en lugares fácilmente identificables y accesibles desde cualquier punto del local, considerando que la distancia máxima de recorrido hasta alcanzar el extintor más cercano será de 25 m.
- **Pisos, techos y paredes.** - Los materiales que se empleen en la construcción, acabado y decoración, de las vías de evacuación o áreas de circulación general de la construcción serán a prueba de fuego y en caso de arder no desprendan gases tóxicos o corrosivos que resulten nocivos.
- **Limitación de áreas libres.** - Toda construcción se diseñará de modo que no existan áreas libres mayores a 1.000 m². por planta. Si por razones funcionales una construcción requiere de locales con áreas libres mayores a la señalada, éstos se permiten exclusivamente en planta baja, mezzanine (entresuelo), primera planta alta y segunda planta alta, siempre y cuando desde estos locales existan salidas directas hacia la calle, ambiente abierto o escaleras de incendio.
- **Circulaciones interiores.** - Para la construcción de oficinas y comercios se considerarán las disposiciones del Capítulo III sección tercera.

- **Separación entre máquinas.** - La separación de las máquinas será la suficiente para que los operarios desarrollen su trabajo holgadamente y sin riesgo y va a estar en función de:
De la amplitud de movimientos de los operarios y de los propios elementos de la máquina necesarios para la ejecución del trabajo.
 - De la forma y volumen del material de alimentación, de los productos elaborados y del material de desecho.
 - Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de esta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros.
 - Se establece una zona de seguridad entre el pasillo y el entorno del puesto de trabajo, o en su caso de la parte más saliente de la máquina que en ningún caso será inferior a 400 milímetros. Dicha zona se señalará en forma clara y visible para los trabajadores.
- **Galerías.** - Se entenderá por galería el espacio interior destinado a la circulación del público. Las galerías que tengan acceso por sus dos extremos, hasta los 80,00 m. de longitud, deberán tener un ancho mínimo de 4,00 m. Por cada 20,00 m. de longitud adicional o fracción, el ancho deberá aumentar 1,00 m. Cuando la galería tenga un espacio central de mayor ancho y altura, la longitud se mide desde cada uno de los extremos hasta el espacio indicado, aplicándose en cada tramo la norma señalada anteriormente.
- **Ventilación.** - La ventilación se podrá efectuar por las vías públicas o particulares, pasajes y patios, o bien por ventilación cenital para lo cual deberá circular libremente el aire sin perjudicar recintos colindantes. El área mínima de estas aberturas será del 8% de la superficie útil de planta del local. Los accesos por pasillos o por galerías comerciales cubiertas deberán ventilarse por ductos o por medios mecánicos, cumpliendo con lo establecido en el Capítulo III sección segunda.
- **Servicios sanitarios.** - Todo local destinado a áreas de hasta 100,00 m². Dispondrá de un cuarto de baño equipado con un inodoro y un lavamanos. Por cada 100,00 m² de oficinas en exceso o fracción mayor de 20,00 m². Se incrementará un cuarto de baño de iguales características al señalado inicialmente.
- **Circulaciones horizontales (corredores o pasillos).** - Las características y dimensiones de las circulaciones horizontales deberán ajustarse a las siguientes disposiciones: El ancho mínimo de los pasillos y de las circulaciones para el público será de un 1,20 m. cuando las

puertas se abran hacia el interior. Los pasillos y los corredores no deberán tener salientes que disminuyan su altura interior a menos de 2,20 m.

- **Alteraciones Materiales.** - Cualquier modificación en cualquier edificio existente por medio de aumento de dimensiones o cualquier otro cambio en cubierta, conjunto de puertas y ventanas, sistema sanitario y drenaje en cualquier forma. La abertura de una ventana o puerta de comunicación interna no se considera como alteración material. Del mismo modo, las modificaciones en relación a trazado de jardines, enlucido, pintura, reparación de cubiertas o revestimientos no deben considerarse como alteraciones materiales.
- **Ventanas.** - Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las ventanas en los edificios públicos y privados:
 - a) La iluminación natural en los edificios cumple con la NTE INEN 1 152. Este parámetro se cuantifica por el factor lumínico que mide la relación entre la cantidad de iluminación del interior y del exterior con cielo despejado.
 - b) Cuando el antepecho de la ventana tenga una altura inferior a 0.80 m se colocará elementos bajos de protección o pasamanos de acuerdo a la NTE INEN 2 244. En caso que el diseño arquitectónico considere el uso de ventanas piso techo interior y/o exterior, se utilizará vidrios de seguridad de acuerdo a la NTE INEN 2 067.
- **Remodelar.** - Se considera a las modificaciones realizadas en las edificaciones existentes que incluyan los siguientes trabajos [45].
 - a) Aumento en las dimensiones o cualquier otro cambio en la cubierta b) Modificación del conjunto de puertas y ventanas exteriores. c) Del sistema sanitario o de drenaje d) Cambio de uso en una edificación o parte de ella. Para la presente definición no se considera como remodelación la apertura de una ventana o puerta de comunicación interior, el trazado.
- **Puertas.** - Las puertas de las salidas o de las salidas de construcciones, deberán satisfacer los siguientes requisitos:
 - a) Siempre serán abatibles hacia el exterior sin que sus hojas obstruyan pasillos.
 - b) Contarán con dispositivos que permitan su apertura con el simple empuje de los concurrentes.
 - c) Cuando comuniquen con escaleras, entre la puerta y el desnivel inmediato deberá haber un descanso con una longitud mínima de 1.20 m. y

- d) No habrá puertas simuladas ni se colocarán espejos en las mismas.
- **Iluminación de Seguridad.** - A más de la iluminación necesaria para el funcionamiento de las instalaciones, deberá proveerse a éste con un sistema independiente de iluminación de seguridad para todas las puertas, corredores o pasillos en caso de corte de energía cuando se realice trabajos nocturnos o en lugares con poca visibilidad.
 - **Manipulación y almacenamiento de materiales.** Consideraciones en el manejo de materiales:
 - El transporte o manejo de materiales en lo posible deberá ser mecanizado, utilizando para el efecto elementos como carretillas, vagonetas, elevadores, transportadoras de bandas, grúas, montacargas y similares.
 - Los trabajadores encargados de la manipulación de carga de materiales deberán ser instruidos sobre la forma adecuada para efectuar las citadas operaciones con seguridad. Cuando se levanten o conduzcan objetos pesados por dos o más trabajadores, la operación será dirigida por una sola persona, a fin de asegurar la unidad de acción.
 - El peso máximo de la carga que puede soportar un trabajador será según la siguiente relación.

Varones hasta 16 años..... 35 libras

Mujeres hasta 18 años..... 20 libras

Varones de 16 a 18 años.....50 libras

Mujeres de 18 a 21 años.....25 libras

No se deberá exigir ni permitir a un trabajador el transporte manual de carga cuyo peso pueda comprometer su salud o seguridad.

Los operarios destinados a trabajo de manipulación irán provistos de las prendas de protección personal apropiadas a los riesgos que estén expuestos.

Espacios de Trabajo

1. Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes: a) 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura

podrá reducirse a 2,5 metros. b) 2 metros cuadrados de superficie libre por trabajador. c) 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

2. La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesaria para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.

3. Deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos.

En la fase de diseño de los locales se debe prever las instalaciones, equipos, útiles y materiales necesarios para ejecutar la actividad, de manera que, en función de estos parámetros y del número de trabajadores que tengan que desarrollarla, se cumplan las dimensiones mínimas establecidas.

Para el cálculo de la superficie y volumen no se tiene en cuenta los espacios ocupados por máquinas, aparatos, instalaciones y materiales. Este cálculo da lugar a la estimación de la superficie libre y el volumen vacío con respecto al número de trabajadores.

La relación volumen vacío/número de trabajadores que normalmente están presentes ha de ser ≥ 10 m³/trabajador. En el cálculo del volumen vacío, cualquier parte del recinto que tenga más de tres metros de altura ha de considerarse de 3 metros.

Las dimensiones correspondientes a locales destinados a albergar instalaciones de servicio vienen condicionadas por sus normativas específicas, como, por ejemplo, salas de calderas, centros de transformación de energía eléctrica.

10.3.2. Cuantificación de superficies ocupadas por maquinaria, equipos, muebles e instalaciones a considerar.

Superficie Total del Área de Producción

Para la ejecución de esta etapa se emplea el método Guerchet el cual calcula la superficie total del área a ser distribuida mediante la suma de tres superficies parciales: superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución.

Superficie estática (Ses): Superficie ocupada por la maquinaria, mobiliario y equipos.

Superficie de Gravitación (Sg): Superficie utilizada por los operarios que están trabajando.

$$Sg = Ses * n \quad (12)$$

Superficie de Evolución (Sev): Superficie necesaria a reservar entre diferentes puestos de trabajo.

$$Sev = (Ses + Sg) * k \quad (13)$$

Dónde:

n = lados operativos de la máquina

k = Coeficiente según el tipo de actividad productiva (2.5).

Para hallar la superficie necesaria para las áreas en la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A se aplica el método Guerchet como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 26. Superficie Necesaria – Planta de Fundición

| Materia Prima | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|----------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|----|
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo (m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) | |
| Balanza 1 | 1 | 1 | 4,2 | 3,1 | 13,02 | 13,02 | 65,1 | 91,14 | |
| Balanza 2 | 1 | 1 | 0,60 | 0,60 | 0,36 | 0,36 | 1,8 | 2,52 | |
| Cargador de chatarra | 1 | 1 | 4 | 3 | 12 | 12 | 60 | 84 | |
| Horno de Fundición | | | | | | | | | |
| Horno melting | 1 | 1 | 5,3 | 2,2 | 11,66 | 11,66 | 58,3 | 81,62 | |
| Horno casting | 1 | 1 | 5,3 | 4,2 | 22,26 | 22,26 | 111,3 | 155,82 | |
| Canales | 1 | 2 | 2,45 | 0,48 | 1,176 | 2,352 | 8,82 | 12,348 | |
| Equipo desgasificador | 1 | 2 | 1,2 | 0,80 | 0,96 | 1,92 | 7,2 | 10,08 | |
| Tundish | 1 | 2 | 1,2 | 4,6 | 5,52 | 11,04 | 41,4 | 57,96 | |
| Mesa de salida | 1 | 2 | 2,7 | 1,4 | 3,78 | 7,56 | 28,35 | 39,69 | |
| Mesa Sierra volante | 1 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 3 | 15 | 21 | |
| Mesa de lingotes | 1 | 2 | 7,5 | 1,4 | 10,5 | 21 | 78,75 | 110,25 | |
| Homogenizado | | | | | | | | | |
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo(m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) | |
| Coches | 2 | 1 | 6,2 | 1,9 | 11,78 | 11,78 | 58,9 | 82,46 | |
| Horno | 1 | 1 | 7 | 3 | 21 | 21 | 105 | 147 | |
| Ventilador Fijo | 1 | 2 | 6 | 0,46 | 2,76 | 5,52 | 20,7 | 28,98 | |
| Sierra loma | | | | | | | | | |
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo (m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) | |
| Sierra conrte – billets | 1 | 2 | 15 | 5 | 75 | 150 | 562,5 | 787,5 | 75 |
| Briqueteado | | | | | | | | | |
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo (m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) | |
| Maquina briqueteadora | 1 | 1 | 4,2 | 3,3 | 13,86 | 13,86 | 69,3 | 97,02 | |
| Almacén temporal | | | | | | | | | |
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo (m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) | |

| | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Deposito 1 (lingotes) | 1 | 1 | 7,5 | 2 | 15 | 15 | 75 | 105 |
| Deposito 2 (billets) | 1 | 1 | 7,8 | 5 | 39 | 39 | 195 | 273 |
| Laboratorio | | | | | | | | |
| Máquinas / Equipos/ Muebles | Cantidad | n | Largo (m) | Ancho (m) | Ses (m2) | Sg (m2) | Sev (m2) | Total (m2) |
| • Computadora espectrómetro | 1 | 1 | | | | | | |
| • Computadora control temperaturas del proceso | 1 | 1 | | | | | | |
| • Computadora control homogenizado | 1 | 1 | 3,2 | 1,5 | 4,8 | 4,8 | 24 | 33,6 |
| • Computadora asistente fundición | 1 | 1 | | | | | | |
| • Escritorio | 1 | 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | Total = 2220,988m2 |

Fuente: Elaborado por los autores.

En los resultados obtenidos en la Tabla 27 no se han incluido aún los servicios higiénicos, los pasos para movilización del personal, áreas de descanso, zonas seguras, estacionamientos de montacargas, vestidores, para lo cual se realiza un cálculo en la Tabla 28.

Finalmente se suman las áreas para realizar la propuesta de distribución de instalaciones.

$$\text{Área necesaria} = (2220,99 + 342,26) \text{ m}^2$$

$$\text{Área necesaria} = 2563,248 \text{ m}^2$$

Tabla 27. Superficie Necesaria 2

| Lugar | Cantidad | Largo(m) | Ancho(m) | Total (m2) |
|----------------------------------|----------|----------|--------------|-----------------|
| Servicios Higiénicos | 1 | 2,5 | 2 | 5 |
| Pasos para movilización | 11 | 17,12 | 1,40 | 263,65 |
| Área de descanso | 1 | 3 | 2,1 | 6,3 |
| Zona segura | 1 | 6 | 7 | 42 |
| Estacionamiento vehicular | 3 | 3,84 | 1,65 | 19,008 |
| Vestidores | 1 | 3 | 2,1 | 6,3 |
| | | | Total | 342,26m2 |

Fuente: Elaborado por los autores.

10.3.3. Elaboración del diseño de la redistribución propuesta.

Propuesta de Redistribución

Al proponer una redistribución de las instalaciones del área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio se ha considerado en primera instancia realizar el estudio de la ubicación de la misma y se establece que al ser una planta de producción de estructuras metalizas a base a aluminio fundido se genera la constante emanación de CO₂ al ambiente producto del primer proceso que es la fundición de chatarra e implica a que la planta debe estar ubicada en un sector rural es decir alejado de la ciudad.

Por consiguiente, para determinar el área necesaria para las instalaciones se obtiene específicamente que la planta en general cuenta con un área de 30.083m², teniendo como colindantes al lado Norte vivienda, lado Sur Restaurant La Marquesa y viviendas, lado Este Avenida Roosevelt, lado Oeste Avenida Unidad Nacional y lado Noroeste calle Padre Enrique Terán. Con la descripción de los colindantes de la empresa se intenta transmitir la ubicación exacta y por ende se considera que no se cuenta con la disponibilidad de espacio para poder expandirse, debido a que la empresa está ubicada en un sector urbano de la ciudad.

Por otra parte, el área de Fundición cuenta con un área de 5.010 m² dato que se obtuvo de fuentes administrativas, mediante la aplicación del método Guerchet se consideró un área total de 2563,25 m² necesaria, realizando la diferencia entre el área total disponible y el área de requerimiento se obtiene 2446,75m² de espacio para el re adecuamiento es decir existe espacio suficiente para establecer una redistribución eficiente.

Aplicación del Método SLP

De acuerdo a los datos que arrojó el desarrollo del Método de Guerchet, es decir, la superficie por puesto de trabajo se aplicó el Método SLP y se realiza los siguientes pasos:

PASO 1. Determinar el área necesaria para cada puesto de trabajo.

En el área de fundición se destaca las siguientes sub áreas y maquinas principales: Fundición (Horno), Homogenizado (Horno), corte (sierra loma), Briqueteado (briqueteadora), almacén de materia prima, y bodegas de producto terminado, adicional se considera también laboratorio, servicios higiénicos, vestidores, zona segura, pasillos y estacionamiento de montacargas el total de las áreas mencionadas se calculó en el anterior método dando como resultado un área necesaria de 2220.99 m².

PASO 2. Formar un diagrama de relaciones.

Una vez que ya se tienen establecido todas las sub áreas de la planta de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio es necesario determinar qué área dependerá de otra y que, por lo tanto, tienen que estar cerca la una de la otra. Para esto, se hizo uso de la nomenclatura de los códigos/valores de la matriz de correlación que se detallan a continuación.

Tabla 28 .Valores de relación de cercanía.

| valor | Cercanía |
|-------|--------------------------|
| A | Absolutamente necesario |
| E | Especialmente importante |
| I | Importante |
| O | Proximidad Ordinaria |
| U | No importante |
| X | No deseable |

Fuente: Diagrama de relación

Tabla 29. Razón de cercanía entre departamentos.

| Cod | Razón |
|-----|---|
| 1 | Flujo de material |
| 2 | Mismo operador |
| 3 | Misma familia de maquinaria |
| 4 | Mismos Servicios (gas, electricidad, agua, etc) |
| 5 | Movimiento pieza a pieza deseable |
| 6 | Movimiento por lote |
| 7 | Exceso de polvo |

Fuente: valoración del diagrama de relaciones.

Tabla 30. Tabla que muestra diagrama de relaciones entre sub áreas de la empresa.

| LETRA | ÁREA | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|-------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Fundición | - | A | U | U | E | I | O | E | O |
| B | Homogenizado | | - | E | U | E | I | U | U | U |
| C | Corte | | | - | A | U | I | O | U | A |
| D | Briqueteado | | | | - | U | I | U | I | U |
| E | Laboratorio | | | | | - | I | I | O | O |
| F | Sanitario | | | | | | - | I | U | U |
| G | Descanso | | | | | | | - | O | U |
| H | Recepción M.P | | | | | | | | - | U |
| I | Almac. P.F. | | | | | | | | | - |

Fuente: Elaborador por el Autor

Ahora los valores asignados se sustituyen, por los valores en razón de cercanía entre departamentos y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 31. sustitución de los valores del diagrama de relaciones

| LETRA | ÁREA | A | B | C | D | E | F | G | H | I | TOTALES |
|-------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|
| A | Fundición | - | 4 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 14 |
| B | Homogenizado | | - | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| C | Corte | | | - | 4 | 0 | 2 | 1 | 0 | 4 | 11 |
| D | Briqueteado | | | | - | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| E | Laboratorio | | | | | - | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 |
| F | Sanitario | | | | | | - | 2 | 0 | 0 | 2 |
| G | Descanso | | | | | | | - | 1 | 0 | 1 |
| H | Recepción M.P | | | | | | | | - | 0 | 0 |
| I | Almac. P.F. | | | | | | | | | - | 0 |

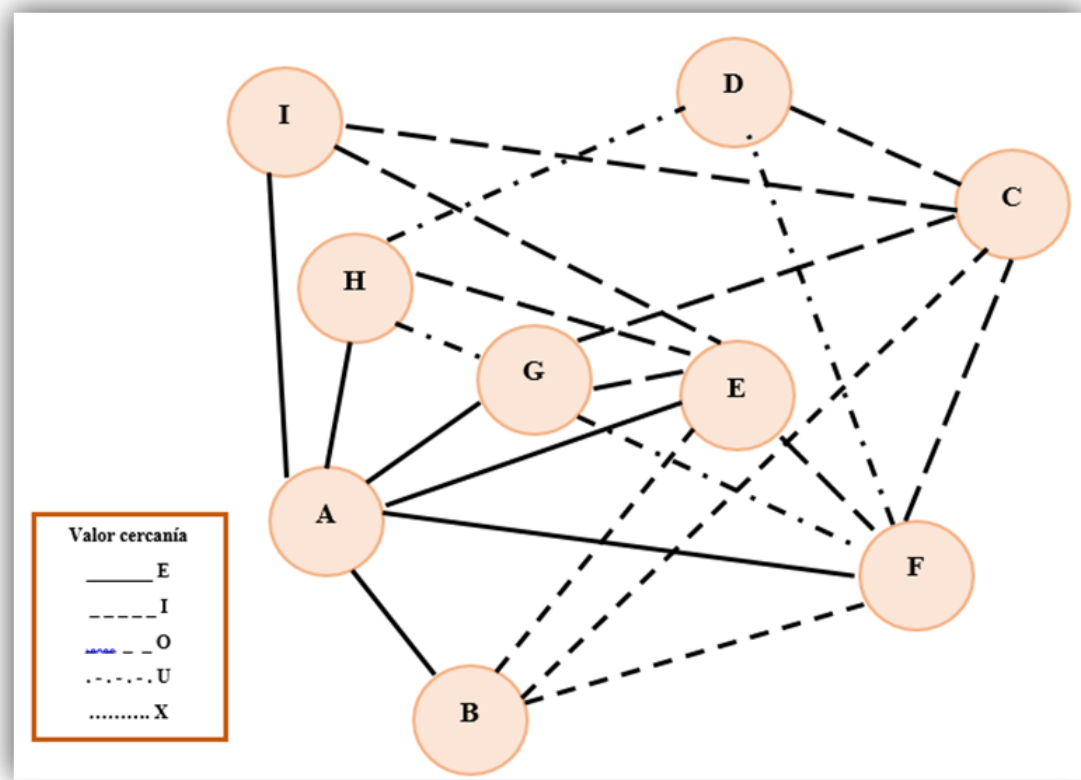
Fuente: Elaborado por los autores

Con esta tabla ya se cuenta con la información necesaria para realizar el siguiente paso.

PASO 3. Construir un diagrama de hilos.

De acuerdo a la información anterior, tomando en cuenta la cercanía que tienen las áreas de la empresa y la simbología de las líneas se llevó a cabo este paso. Primero se tiene que empezar con el área que obtuvo mayor puntaje y de ahí se parte de mayor a menor.

Figura 43. Diagrama de hilos - Fundición Cedal propuesta



Fuente: Elaborado por los Autores

PASO 4. Desarrollar una tabla de evaluación.

Con esta tabla se consigue saber si hay eficacia en el arreglo del diagrama de hilos. Este paso va de la de mano con el paso 5 más adelante. Primero, la tabla de evaluación se hace convirtiendo primero la representación de nodos a una cuadrícula semi escalada. Por cada departamento se iguala el área necesaria con la cantidad aproximada de bloques, con una escala adecuada. Para poder hacer el diagrama en cuadrícula fue necesario establecer una escala, y esa escala es que cada cuadro representa 2m² de área.

Tabla 32. Áreas y dimensiones de los departamentos

| | ÁREAS | M2 | DIMENSIONES (M) | | |
|----------|---------------|-----|-----------------|---|----|
| A | Fundición | 168 | 14 | x | 12 |
| B | Homogenizado | 64 | 8 | x | 8 |
| C | Corte | 36 | 6 | x | 6 |
| D | Briqueteado | 49 | 7 | x | 7 |
| E | Laboratorio | 20 | 5 | x | 4 |
| F | Sanitario | 6 | 3 | x | 2 |
| G | Descanso | 9 | 3 | x | 3 |
| H | Recepción M.P | 224 | 16 | x | 14 |
| I | Almacén P.F. | 99 | 11 | x | 9 |

Fuente: Elaborado por los autores.

PASO 5. Realizar plantillas para representar cada área.

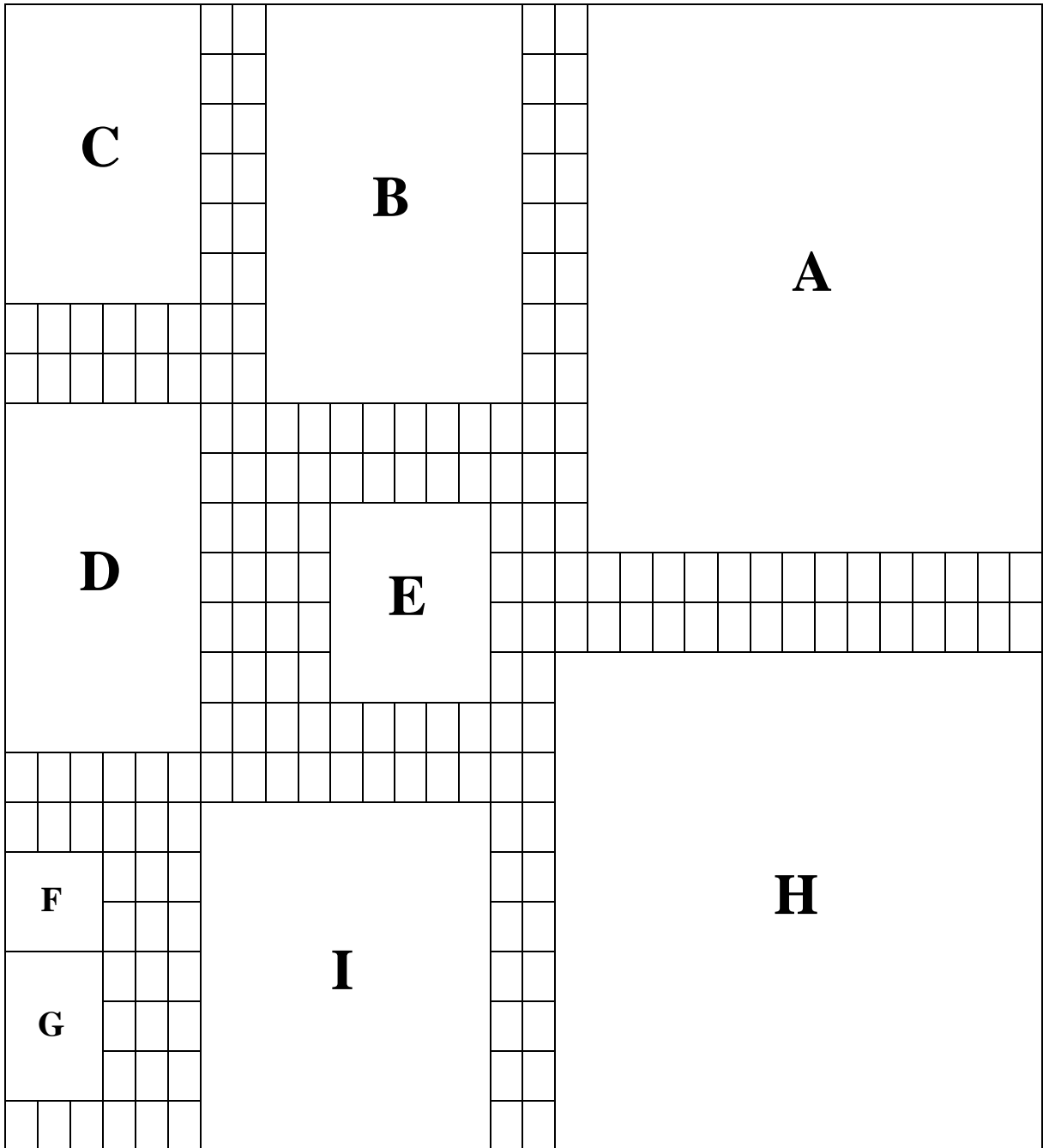
Se hace con la tabla de evaluación que se elaboró en el paso 6, pero es necesario hacer plantillas, ya sean de cartón, papel o cartulinas para que se pueda jugar con la forma de los departamentos y así, de esta manera elegir una forma óptima para cada área. La de red cuadrículada que quedó fue la siguiente:

En la representación gráfica se utilizó una escala de = 1 x 2 m. Las letras que se muestran en color rojo representan el área de los pasillos entre cada departamento.

PASO 6. Distribuir las plantillas

Será de la misma forma que la representación de la gráfica obtenida en la tabla de relaciones (paso5).

Figura 45. Arreglo cuadrículado de distribución



Fuente: Elaborado por los Autores

Para realizar el nuevo diagrama de la distribución de planta de producción se procede como se lo hizo inicialmente; antes de realizar el análisis con la nueva distribución se considera los siguientes aspectos para realizar los cambios.

En la elaboración de la nueva distribución de Planta de Producción para la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A se identifica que el mayor problema es el desperdicio y poco aprovechamiento del espacio físico por lo que se procede nuevamente a considerar la aplicación del método Guerchet el cual permite establecer la superficie necesaria para la propuesta, donde se incluye los siguientes aspectos:







1. Se acopla las bodegas pertenecientes a otras áreas y se retira las innecesarias, el objetivo primordial es reducir espacio y por ende movilizar la puerta de ingreso interno a el área de recepción de chatarra en un estimado de 4.90 m. para crear nuevas paredes en expansión del área donde se ubican los principales procesos de fundición.
2. El sub área recepción de materia prima se reduce para optimizar los espacios.
3. Se traslada el horno de fundición en perpendicular a consecuencia de la sub área recepción de materia prima ya que se obtendrá un área libre al acoplar según la clasificación de chatarra y de manera cronológica según el uso y espacio necesario puesto a que en la actualidad el traslado de materia prima implica un espacio extenso además de que para reducir distancias se realiza almacenamientos temporales en pequeñas cantidades cerca al horno de fundición implicando la demanda de espacio adicional.
4. Se traslada en horno de homogenizado en línea recta al horno de fundición, por consiguiente se evita lo que se tiene en la actualidad un paralelo al horno de fundición y por ende la dificultad de trasladar los lingotes de una máquina a otra por el escaso espacio disponible.
5. Se traslada la máquina Sierra Loma en línea recta y en consiguiente al horno de homogenizado.
6. Se mantiene la misma área destinada para los servicios higiénicos.
7. Se traslada la máquina Briqueteadora en perpendicular a los Servicios higiénicos en la posterior esquina específicamente cerca de la primera puerta interna de la planta de fundición.
8. Se reserva un espacio considerable entre los servicios higiénicos y la maquina briqueteadora para el almacenamiento de viruta.

9. Se traslada el laboratorio en frente al horno de fundición y el horno de homogenizado, con disposición de puertas posteriores y frontales.
10. Se crea un área cerca del laboratorio, espacio disponible para el almacenamiento de billets de aluminio, a lo que también se considera que se ubicará cerca de la puerta principal.
11. Las máquinas se reagrupan de tal manera que el material en proceso fluya linealmente.
12. Se habilita una puerta para el ingreso de chatarra en el área de recepción de materia prima específicamente cerca del área de recreación de la planta en general.
13. En adicional se considera establecer los espacios que las máquinas ocupan específicamente los espacios técnicos y de seguridad necesarios.
14. El diagrama de recorrido propuesto se puede observar en el Anexo 05.

Curso grama Analítico Actual-Propuesto

El desarrollo de un nuevo curso grama analítico se puede visualizar en la Tabla 34.

Tabla 33. Curso grama Analítico Actual - Propuesto del Flujo de Material

|  | | CORPORACION ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A | | | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|---|---|-----------------------|
| | | Cursograma Analítico | | Operario/ Material/ Equipo | | | Resumen | |
| | | Diagrama N°2 | | | | | | |
| Objeto: Lingotes - billets de aluminio | | Actividad | Actual | Propuesto | Economía | | | |
| Actividad: producción de lingotes | | Operación | 11 | | | | | |
| Método Propuesto | | Transporte | 3 | | | | | |
| Lugar: Planta de producción | | Espera | 1 | | | | | |
| Operarios: | | Inspección | 6 | | | | | |
| Elaborado por: Verónica Vaca | | Fecha: 12/01/2019 | Almacenamiento | 2 | | | | |
| Aprobado por: | | Fecha: | Distancia (m) | 103 | | | | |
| | | | Tiempo (min hombre) | 403,77 | | | | |
| DESCRIPCIÓN | Tiempo (min) | Distancia (metros) | símbolos | | | | | Observaciones |
| | | |  |  |  |  |  | |
| Recepción de la materia prima (chatana y aluminio primario), importado y nacional. | 134,12 | | | | | | | trailer |
| Traslado de materia prima al área de fundición cargador del homo. | 4,06 | 22,6 | | | | | | montacargas |
| Colocación de la materia prima en cargador de chatana. | 1,64 | 2,1 | | | | | | montacargas |
| Registro de carga y pesaje de la chatana de aluminio. | 0,64 | 5,2 | | | | | | a mano |
| Introducción de la chatana de aluminio a homo de fusión (melting). | 51,94 | 14 | | | | | | cuchara - horno |
| Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje necesario en horno de fusión y colado (casting). | 42,34 | | | | | | | a mano |
| Controla el proceso de colado. | 21,64 | 4,2 | | | | | | a mano |
| Limpia la escoria del horno de fusión. | 14,64 | 12,1 | | | | | | a mano |
| Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting, para que el fluido de aluminio líquido pase al desgasificador. | 14,34 | | | | | | | a mano |
| Agrega el aditivo Tlbor (Titanio-Boro), en el fluido de la colada. | 3,94 | | | | | | | a mano |
| Se adhiere Nitrógeno, a la colada a través de la barra de grafito en el Desgasificador. | 7,04 | | | | | | | a mano |
| Realiza el control de aleación de aluminio, con ensayo de probetas cada hora según el turno de trabajo. | 13,64 | 21,6 | | | | | | a mano |
| Calienta y coloca el filtro cerámico en tundish. | 8,04 | | | | | | | a mano |
| Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | 49,94 | | | | | | | a mano |
| Verifica el nivel de alma entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | 8,74 | | | | | | | a mano |
| Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes: velocidad de mesa de salida; longitud de lingotes; temperatura de (tundish, agua, casting, melting, desgasificador); revisión de filtros, tubería de agua, nivel de aceite lubricante. | 3,34 | | | | | | | a mano |
| Registra y reportar los lingotes de producidos. | 6,64 | 19 | | | | | | a mano |
| Transporta los lingotes hacia el homo de homogenizado. | 2,20 | 4,2 | | | | | | montacargas |
| Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 3,64 | | | | | | | a mano |
| Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 2,04 | 17 | | | | | | a mano |
| Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 5,05 | 3,6 | | | | | | montacargas |
| Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión. | 2,24 | | | | | | | máquina - sierra loma |
| Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega | 1,94 | 2,6 | | | | | | montacargas |
| TOTAL | 403,77 | 103 | 11 | 3 | 1 | 6 | 2 | |

Fuente: Elaborado por los Autores

Estudio de Tiempos Propuesto

Con la nueva distribución de planta se realiza un nuevo estudio de tiempos basado en el nuevo Curso grama Analítico que se propone, de la misma manera se toma lo principales procesos que intervienen en la producción de lingotes de aluminio, se detallan las actividades como muestra la Tabla 35 y se toma los tiempos como se observa en la Tabla 36.

Tabla 34. Descripción de Actividades: Fundición de chatarra de aluminio cabecero (Propuesto)

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES | |
|---|---------------------|
| PRODUCTO: Lingote/billets | ESTUDIO N° 2 |
| MATERIAL: Aluminio | |
| OPERACIÓN: Fundición de chatarra | |
| MÁQUINA: Horno de Fundición / horno de homogenizado / sierra loma / briqueteadora | |
| <ul style="list-style-type: none"> A. Recepción de la materia prima. B. Traslado de materia prima al horno. C. Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. D. Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. E. Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). F. Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje G. Controla el proceso de colado. H. Limpia la escoria del horno de fusión. I. Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting. J. Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro). K. Se adhiere Argón de pureza (4,8%). L. Realiza el control de aleación de aluminio. M. Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. N. Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. O. Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. P. Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes Q. Registra y reportar los lingotes de producidos. R. Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. S. Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. T. Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. U. Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). V. "Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión." W. "Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega" | |

Fuente: Elaborado por los Autores

Tabla 35. Hoja de Datos del Tiempo Básico: Fundición de chatarra de aluminio (Propuesto).

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|------------|-----|---------------|-------------------------|
| ÁREA: Fundición | | | | | | | | ESTUDIO N°: 2 | | | | | | | |
| OPERACIÓN: Recepción de chatarra / Fundición de chatarra / Homogenizado de lingotes / Corte de Lingotes / Almacenamiento de sunchos. | | | | | | | | HOJA N°: 02 | | | | | | | |
| | | | | | | | | COMIENZO: 08:00 am | | | | | | | TÉRMINO: 15:00pm |
| PRODUCTO: Lingotes / billets de aluminio. | | | | | | | | FECHA: 14/01/2018 | | | | | | | |
| MATERIAL: Aluminio | | | | | | | | OBSERVADO POR: Verónica Vaca | | | | | | | |
| Descripción del Elemento | CICLO (MIN) | | | | | | | RESÚMEN | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | T | P | V | TB | |
| A | 134,1 3 | 134,1 0 | 134,1 3 | 134,1 1 | 134,1 3 | 134,1 3 | 134,1 0 | 134,1 3 | 134,1 3 | 134,1 1 | 134,1 9 | 134,1 2 | 100 | 134,12 | |
| B | 4,07 | 4,04 | 4,07 | 4,05 | 4,07 | 4,07 | 4,04 | 4,07 | 4,07 | 4,05 | 40,59 | 4,06 | 100 | 4,06 | |
| C | 1,65 | 1,62 | 1,65 | 1,63 | 1,65 | 1,65 | 1,62 | 1,65 | 1,65 | 1,63 | 16,39 | 1,64 | 100 | 1,64 | |
| D | 0,65 | 0,62 | 0,65 | 0,63 | 0,65 | 0,65 | 0,62 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 6,39 | 0,64 | 100 | 0,64 | |
| E | 51,95 | 51,92 | 51,95 | 51,93 | 51,95 | 51,95 | 51,92 | 51,95 | 51,95 | 51,93 | 519,39 | 51,94 | 100 | 51,94 | |
| F | 42,35 | 42,32 | 42,35 | 42,33 | 42,35 | 42,35 | 42,32 | 42,35 | 42,35 | 42,33 | 423,39 | 42,34 | 100 | 42,34 | |
| G | 21,65 | 21,62 | 21,65 | 21,63 | 21,65 | 21,65 | 21,62 | 21,65 | 21,65 | 21,63 | 216,39 | 21,64 | 100 | 21,64 | |
| H | 14,65 | 14,62 | 14,65 | 14,63 | 14,65 | 14,65 | 14,62 | 14,65 | 14,65 | 14,63 | 146,39 | 14,64 | 100 | 14,64 | |
| I | 14,35 | 14,32 | 14,35 | 14,33 | 14,35 | 14,35 | 14,32 | 14,35 | 14,35 | 14,33 | 143,39 | 14,34 | 100 | 14,34 | |
| J | 3,95 | 3,92 | 3,95 | 3,93 | 3,95 | 3,95 | 3,92 | 3,95 | 3,95 | 3,93 | 39,39 | 3,94 | 100 | 3,94 | |
| K | 7,05 | 7,02 | 7,05 | 7,03 | 7,05 | 7,05 | 7,02 | 7,05 | 7,05 | 7,03 | 70,39 | 7,04 | 100 | 7,04 | |
| L | 13,65 | 13,62 | 13,65 | 13,63 | 13,65 | 13,65 | 13,62 | 13,65 | 13,65 | 13,63 | 136,39 | 13,64 | 100 | 13,64 | |
| M | 8,05 | 8,02 | 8,05 | 8,03 | 8,05 | 8,05 | 8,02 | 8,05 | 8,05 | 8,03 | 80,39 | 8,04 | 100 | 8,04 | |
| N | 49,95 | 49,92 | 49,95 | 49,93 | 49,95 | 49,95 | 49,92 | 49,95 | 49,95 | 49,93 | 499,39 | 49,94 | 100 | 49,94 | |
| O | 8,75 | 8,72 | 8,75 | 8,73 | 8,75 | 8,75 | 8,72 | 8,75 | 8,75 | 8,73 | 87,39 | 8,74 | 100 | 8,74 | |
| P | 3,35 | 3,32 | 3,35 | 3,33 | 3,35 | 3,35 | 3,32 | 3,35 | 3,35 | 3,33 | 33,39 | 3,34 | 100 | 3,34 | |
| Q | 6,65 | 6,62 | 6,65 | 6,63 | 6,65 | 6,65 | 6,62 | 6,65 | 6,65 | 6,63 | 66,39 | 6,64 | 100 | 6,64 | |
| R | 2,21 | 2,18 | 2,21 | 2,19 | 2,21 | 2,21 | 2,18 | 2,21 | 2,21 | 2,19 | 21,99 | 2,20 | 100 | 2,20 | |
| S | 3,65 | 3,62 | 3,65 | 3,63 | 3,65 | 3,65 | 3,62 | 3,65 | 3,65 | 3,63 | 36,39 | 3,64 | 100 | 3,64 | |
| T | 2,05 | 2,02 | 2,05 | 2,03 | 2,05 | 2,05 | 2,02 | 2,05 | 2,05 | 2,03 | 20,39 | 2,04 | 100 | 2,04 | |
| U | 5,06 | 5,03 | 5,06 | 5,04 | 5,06 | 5,06 | 5,03 | 5,06 | 5,06 | 5,04 | 50,49 | 5,05 | 100 | 5,05 | |
| V | 2,25 | 2,22 | 2,25 | 2,23 | 2,25 | 2,25 | 2,22 | 2,25 | 2,25 | 2,23 | 22,39 | 2,24 | 100 | 2,24 | |
| W | 1,95 | 1,92 | 1,95 | 1,93 | 1,95 | 1,95 | 1,92 | 1,95 | 1,95 | 1,93 | 19,39 | 1,94 | 100 | 1,94 | |
| | | | | | | | | Tiempo Básico del Ciclo | | | | | | | 403,77 |
| | | | | | | | | T.A.M. (D+F+G+H+I+J+K+L+N+O+Q+S+T) | | | | | | | 189,21 |
| | | | | | | | | T.C.M. (A+B+C+E+M+P+R+U+V+W) | | | | | | | 214,56 |
| Nota: V = Valoración, TB= Tiempo Básico, T.A.M. = Tiempo Manual, T.C.M.= Tiempo de Máquina | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por los Autores

Se obtienen también el cálculo de los suplementos como se aprecia en la Tabla 37.

Tabla 36. Cálculo de Suplementos por Descanso: Fundición de chatarra de aluminio (Propuesto)

| CÁLCULO DE SUPLEMENTOS Y TIEMPO ESTÁNDAR | | |
|---|---------------------------------------|---------------|
| OPERACIÓN: Fundición de chatarra ESTUDIO N°: 1 | PERSONA: Hombre | |
| SUPLEMENTOS POR DESCANSO % Tiempo(Min) | | |
| CONSTANTES | Por necesidades personales Por fatiga | 5 4 |
| VARIABLES | Trabajo de pie | 2 |
| | Postura | 3 |
| | Ruido | 2 |
| | Monotonía | 1 |
| | Tedio | 1 |
| TOTAL (%) | | 18 |
| TB | | 403,77 |
| T.A.M. | | 189,21 |
| T.C.M. | | 214,56 |
| | SUPLEMENTO POR DESCANSO | 22,70 |
| TIEMPO TIPO O ESTÁNDAR | | 426,47 |

Fuente: Elaborado por los Autores

De la misma manera se realiza un estudio de tiempos propuesto para todas las actividades. La Tabla 33 muestra un resumen del estudio de tiempos realizado en el que se puede observar el tiempo estándar de cada una de las actividades.

Cálculo de la Capacidad de Producción-Propuesto

Para el cálculo de la productividad se toma en cuenta algunas variables las cuales son:

- ✓ Producción = 44 lingotes
- ✓ Tiempo estándar (Ts) = 457,43 min
- ✓ Día de trabajo = 24 horas = 1440 min
- ✓ Semana de trabajo = 7 días
- ✓ Mes de trabajo = 4 semanas
- ✓ Año de trabajo = 12 meses

Luego se procede a calcular la producción diaria, semanal, mensual y anual de la Corporación ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A.

- ✓ Producción Diaria Propuesta

$$44 \text{ lingotes} \quad \text{-----} \quad 457,43 \text{ min}$$

$$\text{Producción Diaria} \quad \text{-----} \quad 1440 \text{ min}$$

$$\text{Producción Diaria} = \frac{1440 \text{ min} * 44 \text{ lingotes}}{457,43 \text{ min}}$$

$$\text{Producción Diaria} = 138,51 \text{ Lingotes de Aluminio}$$

$$\text{Producción Diaria} = 139 \text{ Lingotes de Aluminio}$$

✓ Producción Semanal Propuesta

$$\text{Producción Semanal} = \text{Producción Diaria} \times 7 \text{ días}$$

$$\text{Producción Semanal} = 139 \text{ Literas} \times 7 \text{ días}$$

$$\text{Producción Semanal} = 973 \text{ Lingotes de aluminio}$$

✓ Producción Mensual Propuesta

$$\text{Producción Mensual} = \text{Producción Semanal} \times 4 \text{ semanas}$$

$$\text{Producción Mensual} = 973 \text{ Lingotes} \times 4 \text{ semanas}$$

$$\text{Producción Mensual} = 3892 \text{ Lingotes de aluminio}$$

✓ Producción Anual Propuesta

$$\text{Producción Anual} = \text{Producción Mensual} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Producción Anual} = 3892 \text{ lingotes} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Producción Anual} = 46.704 \text{ Lingotes de aluminio}$$

✓ Para determinar la capacidad de producción (Cp) se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cp = \frac{1}{ts}$$

$$Cp = \frac{1}{457,43 \text{ min}/44 \text{ lingotes}}$$

$$Cp = 0,096 \text{ lingotes/min} \times 60 \text{ min/hora} \times 24 \text{ horas/jornada}$$

$$Cp = 138,24 \text{ lingotes/jornada}$$

$$Cp = 139 \text{ lingotes/jornada}$$

Tabla 37. Resumen General del Estudio de Tiempos para la producción de Lingotes de Aluminio (Propuesto)

| Operaciones | Tiempo Básico (TB) | Tiempo Manual (T.A.M.) | Tiempo de Máquina (T.C.M.) | Suplementos | Tiempo Tipo Estándar (en minutos) |
|---|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|
| Recepción de la materia prima (chatarra y aluminio primario), importado y nacional. | 134,12 | 11,6 | 122,53 | 21 | 155,13 |
| Traslado de materia prima al área de fundición cargador del horno. | 4,06 | 0,98 | 3,09 | 2 | 6,07 |
| Colocación de la materia prima en cargador de chatarra. | 1,64 | 0,4 | 1,25 | 2 | 3,65 |
| Registro de carga y pesaje de la chatarra de aluminio. | 0,64 | 0,22 | 0,43 | 0,2 | 0,85 |
| Introducción de la chatarra de aluminio a horno de fusión (melting). | 51,94 | 12 | 39,95 | 3 | 54,95 |
| Adición de silicio (Si) y magnesio (Mg), según porcentaje necesario en horno de fusión y colado (casting). | 42,34 | 25,35 | 17 | 6 | 48,35 |
| Controla el proceso de colado. | 21,64 | 17,2 | 4,45 | 3,3 | 24,95 |
| Limpia la escoria del horno de fusión. | 14,64 | 3,1 | 11,55 | 4 | 18,65 |
| Abre el cono sellador cerámico que tiene el Casting, para que el fluido de aluminio líquido pase al desgasificador. | 14,34 | 10,95 | 3,4 | 0,8 | 15,15 |
| Agrega el aditamento Tibor (Titanio-Boro), en el fluido de la colada. | 3,94 | 0,91 | 3,04 | 0,12 | 4,07 |
| Se adhiere Nitrogeno a la colada a través de la barra de grafito en el Desgasificador. | 7,04 | 5,13 | 1,92 | 0,12 | 7,17 |
| Realiza el control de aleación de aluminio, con ensayo de probetas cada hora según el turno de trabajo. | 13,64 | 9,85 | 3,8 | 0,6 | 14,25 |
| Calienta y colocar el filtro cerámico en tundish. | 8,04 | 0,29 | 7,76 | 0,5 | 8,55 |
| Coloca los moldes de aleación de cobre en la parte inferior del tundish. | 49,94 | 40,96 | 8,99 | 6 | 55,95 |
| Verifica el nivel de altura entre los moldes y la mesa de salida con barras de inicio. | 8,74 | 1,15 | 7,6 | 1,6 | 10,35 |

| | | | | | |
|--|---|------|------|------|-------------------|
| Controla parámetros de inyección de aluminio en los moldes: velocidad de mesa de salida; longitud de lingotes; temperatura de (tundish, agua, casting, melting, desgasificador); revisión de filtros, tubería de agua, nivel de aceite lubricante. | 3,34 | 1,12 | 2,23 | 0,5 | 3,85 |
| Registra y reportar los lingotes de producidos. | 6,64 | 5,2 | 1,45 | 0,7 | 7,35 |
| Transporta los lingotes hacia el horno de homogenizado. | 2,20 | 0,21 | 2 | 0,3 | 2,51 |
| Coloca los paneles fijos y móviles para el enfriamiento de lingotes. | 3,64 | 2,76 | 0,89 | 0,1 | 3,75 |
| Registra luego de haber cumplido el ciclo de homogenizado. | 2,04 | 1,86 | 0,19 | 0,19 | 2,24 |
| Transporta lingotes hacia la máquina de corte (sierra loma). | 5,05 | 0,59 | 4,47 | 0,05 | 5,11 |
| Corta lingotes en billets de acuerdo al tamaño requerido por el Área de Extrusión. | 2,24 | 0,85 | 1,4 | 0,15 | 2,4 |
| Finalmente se registra los lingotes aprobados de aluminio para entregar al área de bodega. | 1,94 | 1,71 | 0,24 | 0,18 | 2,13 |
| | Tiempo estándar para la elaboración de un lote de lingotes de aluminio de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal. | | | | 457,43 min |

Fuente: Elaborado por los Autores

10.4. Actividades del Objetivo 4

Determinar la Factibilidad del proyecto mediante la evaluación del impacto económico para su posible implementación.

10.4.1 Estimación de costos que intervendrán en el proceso de redistribución.

Para evaluar económicamente la propuesta de distribución es necesario hacer una estimación de la inversión total inicial que debe realizarse, donde se han dado valores aproximados de hacer los cambios propuestos en el proceso de producción de lingotes de Aluminio, a continuación, se observa en la Tabla 39 los valores y la acciones a realizar.

Tabla 38. Costos estimados de inversión en la propuesta de redistribución

| Cambios propuestos | Costos de realizar los cambios |
|---|---------------------------------------|
| Costos fijos | |
| Re-acoplamiento de bodegas | \$1.800 |
| Traslado del horno de fundición cerca a la recepción de materia prima. | \$3.600 |
| Traslado del Horno Homogenizado a secuencia perpendicular del horno de fundición. | \$3.200 |
| Traslado de la sierra loma en secuencia del horno homogenizado. | \$1.200 |
| Traslado de Briqueteadora cerca al SS. HH | \$1.400 |
| Adecuación del área frente al horno de fundición para la instalación laboratorio. | \$3.700 |
| Movimiento de otras máquinas | \$2.200 |
| Adecuaciones hidráulicas | \$2.500 |
| Adecuaciones eléctricas | \$5.100 |
| Adecuaciones estructurales | \$5.400 |
| Adecuaciones de seguridad | \$4.100 |
| Gastos extras | \$2.900 |
| Honorarios profesionales | \$19.800 |
| Honorarios obreros | \$79.920 |
| TOTAL | \$136.820,00 |

Fuente: Elaborado por los Autores

Expuestos todos los aspectos económicos que intervienen en las modificaciones se determina que el gasto total de inversión es de \$136.820,00 cabe recalcar que cada uno de los valores indicados donde las sub áreas requieren hacer traslados, adecuaciones e implementaciones, son estimados por profesionales quienes laboran en la Corporación ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A Latacunga mismos que tienen la experiencia y la estimación de costos que intervino anteriormente al realizar cambios en la estructura del área.

La empresa con los resultados obtenidos en la aplicación del software percibe una mejora notable en reducción de distancias y tiempos de los transportes, también se deriva en una reducción de tiempos en procesos productivos; todo ello se traduce a una mejora muy significativa, la cual para poder ser interpretada de mejor manera es necesario determinar si es viable y el tiempo que se toma en recuperar el gasto de inversión.

10.4.2. Identificación de costos fijos, costos variables y costos de venta dentro del proceso productivo.

Para determinar el periodo de recuperación de la inversión se aplica la herramienta financiera del **punto de equilibrio** donde se define la cantidad necesaria de unidades que se deben vender para empezar a percibir ganancia, para ello aplicamos la ecuación 10.

Ecuación 10. Punto de equilibrio

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{costos fijos}}{1 - \frac{\text{costos variables}}{\text{ventas}}} \quad (10)$$

Para este caso el costo fijo es el valor de la inversión que se va a realizar, es decir \$136.820,00 (tabla 39); mientras que el costo variable se toma al costo total por producir un lingote de aluminio, el cual es \$1019,46, este dato es tomado del departamento administrativo del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A y finalmente la venta es el precio de adquisición para el cliente final, el cual es \$1121,25. Aplicando la fórmula y reemplazando los valores se tiene:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\$136.820}{1 - \frac{1.019,46}{1.121,25}}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \$1'507.116,86$$

Se obtiene que se debe vender \$1'507.116.86 para poder percibir utilidad, para tener una visión más clara se define en unidades, realizando el cociente del valor obtenido entre el costo unitario de lingote de aluminio.

- Lingote de Aluminio Punto de Equilibrio = \$1507.116,86 / 1.121,25
- Lingote de Aluminio Punto de Equilibrio = 1344,14 unidades ó 1344 lingotes.

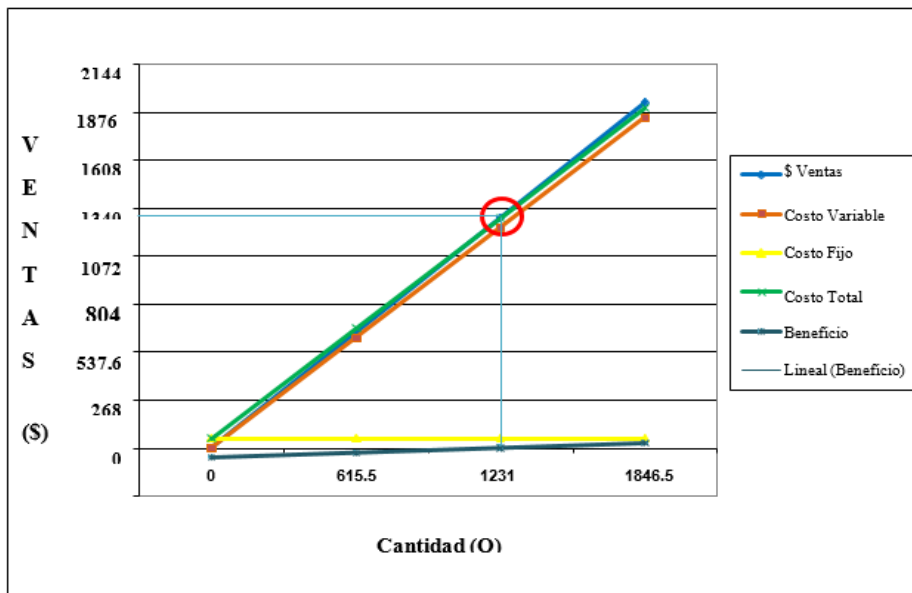
Con el cálculo realizado se encuentra que 1344 Lingotes son necesarias de vender para cubrir la inversión inicial, para tener una mejor apreciación, se procede a calcular el tiempo en el que

en el mejor de los casos se recuperan los valores invertidos. Para ello se toma el dato de la producción mensual de aproximadamente 1232 lingotes en un solo turno y se divide la cantidad requerida para la cantidad mensual.

- Tiempo de recuperación= $1344 \text{ lingotes} \cdot \text{mes} / 1232 \text{ lingotes}$
- Tiempo de recuperación= 1.09 Meses trabajando en un solo turno.

El resultado obtenido se presenta como un modelo ideal suponiendo que las 4,000 literas son vendidas dentro del periodo de meses obtenido, el punto de equilibrio se lo puede observar gráficamente en la Figura 46.

Figura 46. Gráfico Punto de equilibrio



Fuente: Elaborado por los Autores.

10.4.3. Medición de la productividad actual y propuesta.

Para proceder al cálculo se necesita conocer la productividad actual y realizar una comparación con la obtenida, donde se tiene que relacionar las unidades producidas con los recursos utilizados para producirlas. Para ello se utilizan los datos obtenidos con anterioridad en el presente proyecto y se los coloca en la Tabla 40 y de igual manera los datos para la propuesta que se observan en la Tabla 41.

Tabla 39. Productividad Actual Área de Fundición - Cedal

| Situación Actual Área de Fundición – Cedal | |
|---|-------------|
| Lingotes producidos anualmente | 43.680,00 |
| Precio de venta por unidad | \$1121,25 |
| Número de trabajadores | 17 obreros |
| Número de horas anuales | 8.064 horas |
| Costo de hora laboral | \$3,27 |
| Cantidad de materia prima | 18.000 kg |
| Costo de materia prima | \$4885 |

Fuente: Elaborado por los Autores.

A continuación, se procede a calcular la productividad con el uso de la ecuación 16.

Ecuación 11. Productividad

$$Productividad Actual = \frac{\text{Productos}}{\text{Recursos utilizados}} \quad (11)$$

$$Productividad Actual = \frac{43.680,00 * \$1121,25}{(17 obreros * 8.064 horas * \$3,27) + (18.000kg * 4885)}$$

$$**Productividad Actual = 0.55**$$

Tabla 40. Productividad Propuesta

| Situación Propuesta Área de Fundición – Cedal | |
|--|-------------|
| Lingotes producidos anualmente | 46.704,00 |
| Precio de venta por unidad | \$1121,25 |
| Número de trabajadores Mecánica 1 | 17 obreros |
| Número de horas anuales | 8.064 horas |
| Costo de hora laboral | \$3,27 |
| Cantidad de materia prima | 18.000 kg |
| Costo de materia prima | \$4885 |

Fuente: Elaborado por los Autores.

A continuación, se procede a calcular la productividad con el uso de la ecuación 12.

Ecuación 12. Productividad Propuesta

$$Productividad Actual = \frac{\text{Productos}}{\text{Recursos utilizados}} \quad (12)$$

$$Productividad Actual = \frac{46.704,00 * \$1121,25}{(17 obreros * 8.064 horas * \$3,27) + (18.000kg * 4885)}$$

$$**Productividad Propuesta = 0,59**$$

Para evaluar la productividad entre el modelo actual y el propuesto, se relaciona la producción por el costo unitario de la Lingotes de Aluminio, una vez hallados los valores se realiza una diferencia.

Producción Actual= 43680 *lingotes* x \$1.121,25 = \$48'976.200,00

Producción Propuesta = 46704 *lingotes* x \$1.121,25 = \$52'366.860,00

Incremento de Productividad = \$52'366.860,00 - \$48'976.200,00

Incremento de Productividad = \$3'390.660, 00

10.5. Comprobación de la hipótesis.

De la hipótesis planteada inicialmente la cual es:

Si se establece una propuesta de redistribución de las instalaciones de los procesos productivos del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., planta Latacunga, se logrará la reducción de tiempos en relación a distancias de producción, con el fin de mejorar la productividad.

Se establecen los argumentos necesarios para darle validez o rechazarla, por consiguiente, a partir de la propuesta de redistribución en las instalaciones de los procesos productivos del área de Fundición implementada, se verifica que se redujo los tiempos en relación a las distancias empleado por acoplamiento de maniobra en el orden de 29,39 min por lote lo que representa un aumento de la productividad en \$3'390.660,00 anuales con respecto a costos y 3024 unidades de lingotes anuales con respecto al producto, se desarrolla y se considera criterios más amplios en cuanto a la seguridad así como estándares de dimensiones requeridos por hombres, máquinas, equipos, zonas necesarias para el confort y estabilidad dentro del proceso productivo destacándose la flexibilidad de posibles ajustes a futuro. En consecuencia, se acepta la hipótesis como verdadera.

11. VALORACION DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO

11.1. Impactos Económicos.

El proyecto de investigación contribuye a la obtención de beneficios económicos por el aumento de la productividad, a través de la aplicación de reducción de tiempos en relación a las distancias del proceso productivo para lograr el eficiente desenvolvimiento dentro de las instalaciones del área de Fundición de la empresa CEDAL S.A. planta Latacunga, la cual ha permitido el aumento de \$3'390.660, **00** anuales represento en costos de producción permitiendo incrementar el desarrollo de sus actividades productivas.

11.2. Impactos Técnicos.

Con la realización de este proyecto se logra, obtener mayor cantidad de producción ya que se considera producir 46.704 unidades anuales de lingotes de aluminio conservado los parámetros de calidad y producción de los procesos productivos establecidos por el área de Fundición de la empresa, mejorar la infraestructura, la seguridad e implantar la flexibilidad de las instalaciones para afrontar el incremento de la productividad, de forma tal que se consuman solo los recursos necesarios a través del uso de tecnologías más eficientes que permitan mayor control del sistema y toma de decisiones oportunas.

11.3. Impactos Ambientales.

La implementación del proyecto permite un mayor aprovechamiento en la obtención de nuevas áreas para establecer la infraestructura adecuada, ubicar áreas verdes, evitar la contaminación del agua con la implementación de instalaciones hidráulicas adecuadas al proceso productivo principalmente en la utilización de compuestos químicos que intervine en el proceso de fundición evitando la degradación ambiental y la sobreexplotación de los recursos hídricos de la empresa, con acciones que fomentan el adecuado uso de las instalaciones a corto, mediano y largo plazo.

11.4. Impactos Sociales.

A través de la implantación de la adecuada distribución de las instalaciones se brinda a la empresa la capacidad de solventar demandas potenciales del producto en épocas del incremento de la oferta lo que conlleva a la utilización de agrandados espacios, a la vez permite la expansión de las actividades industriales de manera sostenible y sustentable, con

una promoción de buenas prácticas de responsabilidad social, que conlleven a la reducción de la pobreza, a través de la creación de nuevos empleos, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y aportar al desarrollo económico de la región y del país.

12. VALORACIÓN ECONÓMICA.

12.1. Presupuesto invertido por la ejecución del proyecto de investigación.

Tabla 41. Presupuesto invertido por la elaboración del proyecto.

| PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN | | | | | |
|--|---|-----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| Recursos | Descripción | Cantidad | Unidad | V. Unitario \$ | Valor Total \$ |
| Costos directos | | | | | |
| Técnicos | • Instrumento de medición (medidor de tiempos cronometrados CASIO-T300). | 1 | Ud. | \$ 64 | \$ 64 |
| | • Instrumento de medición (medidor de distancias STANLEY-DHS). | 1 | Ud. | \$84 | \$84 |
| | • Ángulos de medición. | 2 | Ud. | \$55 | \$110 |
| | • Señalizador tubular | 2 | Ud. | \$20 | \$40 |
| Humanos | • Asistente de Fundición | 8 | h-h | \$8,52 | \$68,18 |
| | • Arquitecto | 4 | h-h | \$ 6,82 | \$27,27 |
| | • Jefe de turno – Fundición | 24 | h-h | \$4,01 | \$ 122,72 |
| Tecnológicos | • Internet | 2 | Ud. | \$ 15 | \$30 |
| Materiales y suministros | • Formatos A3 | 8 | Ud. | \$0,30 | \$2,40 |
| | • Cuaderno apuntes | 2 | Ud. | \$1,40 | \$2,80 |
| | • Bolígrafos | 2 | Ud. | \$0,40 | \$0,80 |
| | • Lápiz | 2 | Ud. | \$0,50 | \$1,00 |
| | • Flash memory | 1 | Ud. | \$6,00 | \$6,00 |
| Material Bibliográfico y fotocopias | • Impresiones A3 B/N | 8 | Ud. | \$0,50 | \$4,00 |
| | • Impresiones A4 B/N | 208 | Ud. | \$0,02 | \$4,16 |
| | • Impresiones A4 color | 32 | Ud. | \$0,08 | \$2,56 |
| | • Anillados | 2 | Ud. | \$0,50 | 1,00 |
| Costos Indirectos | | | | | |
| Gastos Varios | • Alimentación (2veces x semana). | 2 | Ud. | \$2,50 | \$50,00 |
| Transporte | • Traslado de la universidad a la planta Cedal 2 veces a la semana por 5 meses. | 2 | Ud. | \$ 24,00 | \$48,00 |
| Sub Total | | | | | \$602,00 |
| 10% | | | | | \$66,89 |
| TOTAL | | | | | \$ 668,89 |

Fuente: Elaborado por los autores.

12.2. Periodo de recuperación de la inversión.

Para la estimación del tiempo de recuperación de la inversión realizada para llevar a efecto este proyecto, se toma en consideración la inversión de \$680,99, en la que se consideran los recursos técnicos, humanos y materiales que se utilizaron, y el ahorro mensual que se obtiene producto de la implementación de las acciones de mejora de ahorro y uso eficiente es de \$17,85 de manera individual, con lo cual a partir de la **ecuación 3**, se determina el PRI como sigue:

Ecuación 13: Periodo de recuperación de la inversión proyectado.

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión (PRI)} = \frac{\text{Inversión (\$)}}{\text{Ahorro mensual} \frac{(\$)}{\text{mes}}} \quad (13)$$

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión (PRI)} = \frac{\$ 668,89}{\$ 17,85 * 2}$$

Periodo de recuperación de la inversión (PRI) = 18,74 meses equivale a 18 meses.

Es decir que con la aplicación de la fórmula del periodo de recuperación se obtiene que la inversión realizada por la ejecución del proyecto de investigación se recuperará en el tiempo de 18 meses productivos de acuerdo a que el ahorro por cada autor es de \$17,85 mensual.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

13.1. Conclusiones:

- Al estudiar el proceso productivo actual se identifica 23 sub procesos principales del área de Fundición y se desarrolla diagramas de flujo para comprender de mejor manera la secuencia del proceso desde la recepción de materia prima (chatarra) hasta la obtención del producto final (lingotes ó billets de aluminio).
- Una vez identificado los principales sub procesos se procede a medir y se obtiene un tiempo total empleado de 433,41 minutos con una distancia total recorrida de 149,8 metros, cabe señalar que el sub proceso recepción de materia prima es el más elevado en tiempo con 145,14 minutos y en distancia con 66,2 metros, a la vez también se puede identificar que el espacio existente entre los hornos es angosto dificultando el paso del producto de una máquina a otra es por eso que el desempeño para cubrir la oferta del producto no es eficiente.
- Mediante la aplicación de softwares se balancea las líneas de producción y se obtiene el layout propuesto en el que se observa que tan solo con modificar cierta instalación afectada por la distribución inadecuada el costo de producción disminuye, cabe mencionar que con el layout propuesto simplemente se obtiene una idea del costo que tendrá al modificarlo.
- Al aplicar los métodos adecuados se considera un espacio físico de 2220,988m² que deberá estimar la propuesta de redistribución y con la obtención del diagrama de recorrido se establece el nuevo tiempo a emplearse de 403,77 con una distancia de 103 metros es decir se ha logrado reducir en tiempos y distancias y por ende la productividad aumenta de 130 lingotes a 139 lingotes de producción diario.
- La propuesta de redistribución se considera factible puesto a que el costo a emplearse es de \$136.820,00, el periodo de recuperación es de 1 meses y 3 días en un solo turno diario de trabajo, la productividad expresada económicamente se eleva a \$3 390.660,00 anualmente lo que representa un 4%.

13.2. Recomendaciones

- Se sugiere actualizar el plano actual del área para ofrecer información veraz a nuevos investigadores para facilitar la comprensión del sistema productivo puesto a que durante el proceso de estudio se dieron inconvenientes de detección.
- Se sugiere también colocar señalética de precaución o espera en el intercambio de personas externas al laboratorio de fundición debido a que por la demora y dificultad de transportar el producto de una máquina a otra puede existir algún incidente o accidente a falta de conocimiento que genera la misma.
- Establecer una tabla de costos de todos los productos, para que el conocimiento de dicha información sea implícito y lo acojan todos los colaboradores.
- Capacitar de manera periódica a los colaboradores del área sobre el uso correcto de áreas, para minimizar la aglomeración de producto y a su vez mantengan la importancia de llevar el orden dentro de las instalaciones.
- Brindar capacitaciones periódicas sobre buenas prácticas de manufactura.
- Implementar la distribución de instalaciones propuesta debido a que el periodo de recuperación es corto y los beneficios son favorables con el incremento de la producción y ahorro de recursos.

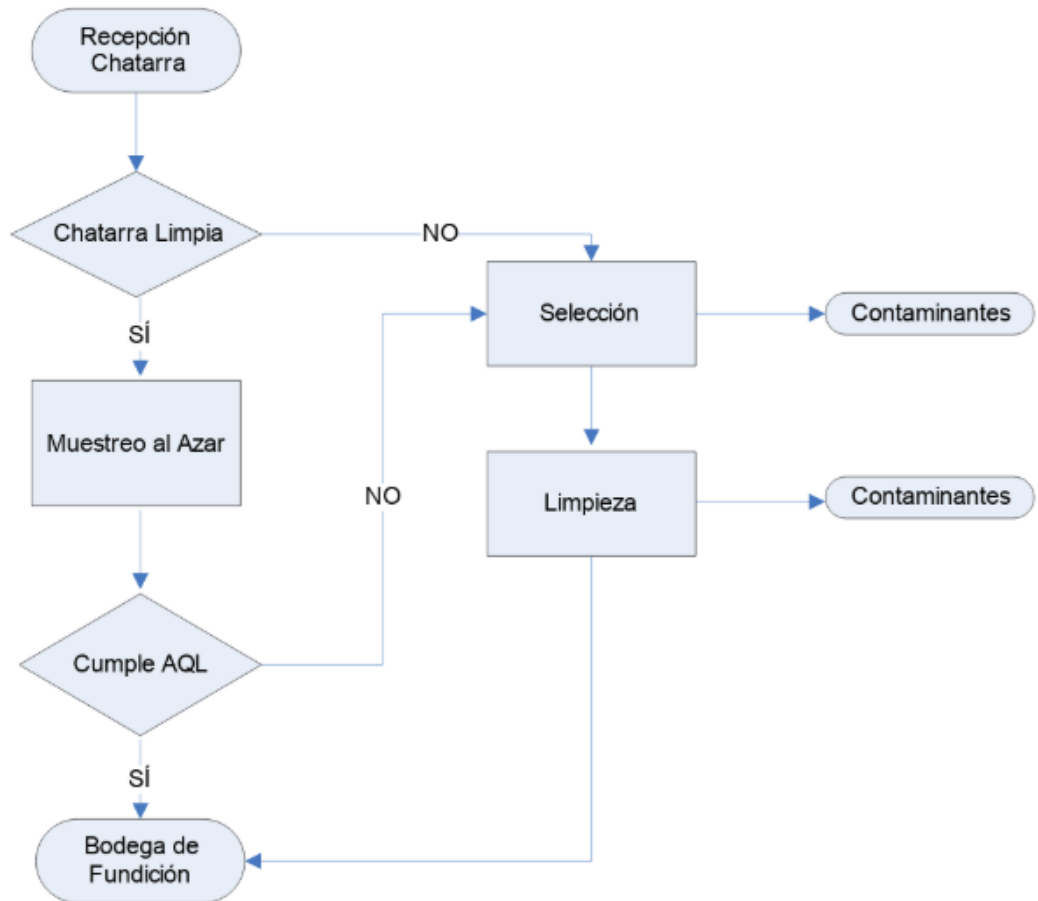
14. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J., & Rodriguez, M. (2011). *Medida de tiempos de trabajo*. Corintias, España: Editex.
- Aliendre, F. (2015). Distribución de instalaciones. *Ingeniería Industrial*, 102.
- Barry, R., & Heizer, J. (2016). *Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas industriales*. Barcelona, España: Bursatíl.
- Becerra, F. (2017). *Distribución en Planta*. Nariño: Editex.
- Caso, A. (2012). *Técnicas de medición del trabajo* (Vol. Segunda Edición). Sevilla, España: Confemetal.
- De la Fuente, D., & Fernández, I. (2015). *Distribución en planta*. Barcelona, España: Universidad de Oviedo: ALBA.
- Fernández, B. (2013). *Desarrollo de una herramienta informática basada en el algoritmo CORELAP para la distribución de planta*. Sevilla, España: Santillana.
- Huertas, R., & Dominguez, R. (2008). *Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones estratégicas*. Madrid, España: Pearson.
- Kanawaty, G. (2009). *Introducción al estudio de trabajo* (Vol. Cuarta). Llumacoa, Ginebra: Semantex.
- Krajewski, L., & Ritzman, P. (2015). *Administración de Operaciones mediante estrategias y análisis*. México: Pearson.
- Martínez, H. (2013). *Manual de uso del Win QSB*. Tepic, México: Pearson.
- More, J. (2013). *layout and Design Industrial*. Madrid, España: Macmillan Publishing.
- Muñoz, R. (2013). *Administración de Operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. México: Learning.
- Orozco, E., & Cervera, J. (2015). *Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos* (Vol. Investigación e Innovación). San Rafael, Colombia: Pearson.
- Quesada, I., Gonzáles, P., & Julio, P. (2012). *Diseño y medición de trabajos*. Gutierrez, Argentina: San Pablo.

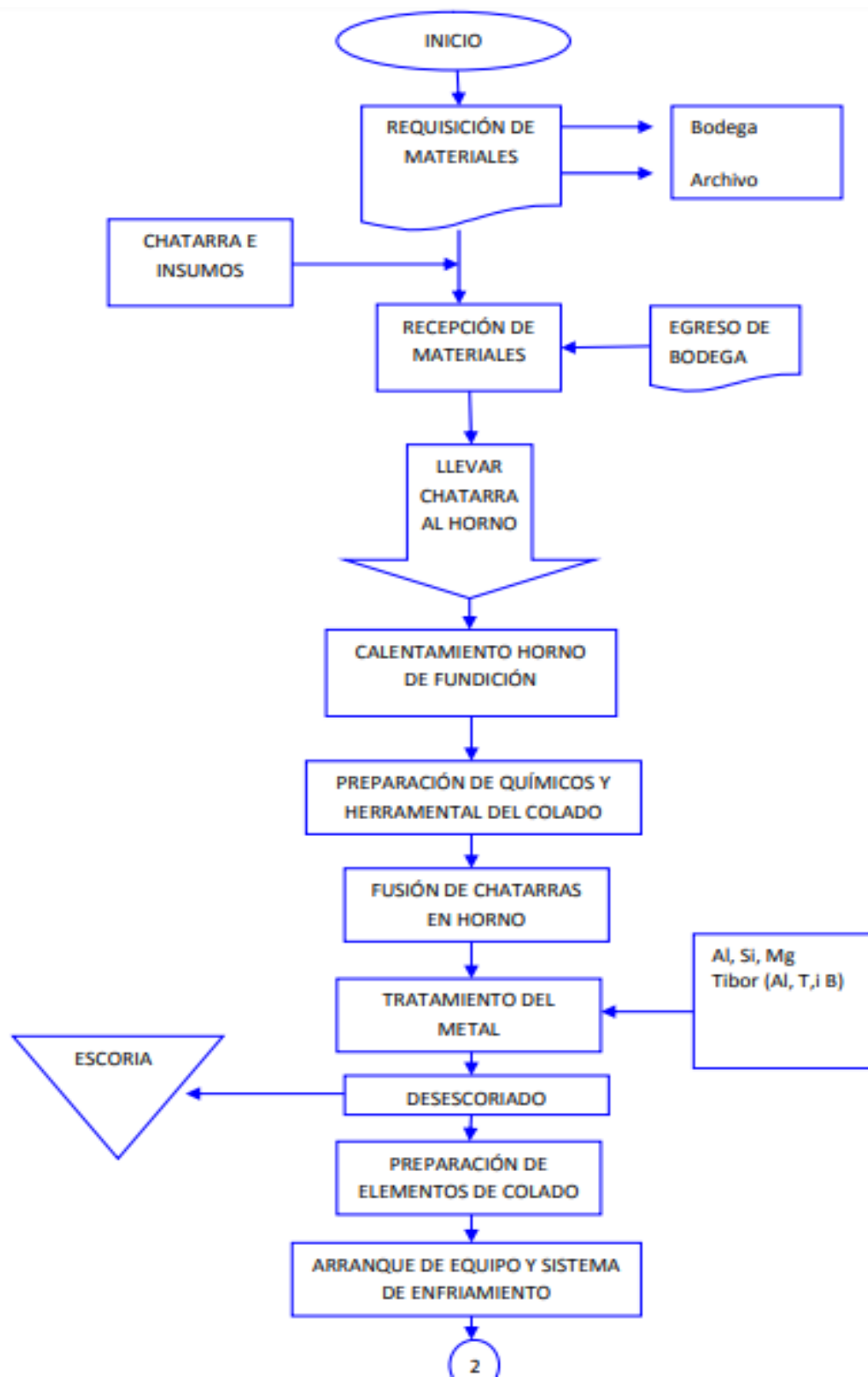
- Reyes, P., & Correa, J. (2015). *Diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la Empresa INSTRUEQUIPOS CIA. LTDA.* Ambtao, Ecuador.
- Richard, C., & Robert, J. (2014). *Administración de Operaciones-Cadena de suministros.* Guacatán, México: McGraw Hill.
- Salas, J. (2015). *Tipos Básicos de la Distribución de planta.* Monarca, Argentina: Sevilla.
- Salazar, B. (2016). Métodos de distribución y redistribución en planta. *Procesos Industriales sin pérdidas.* Obtenido de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/1a_yout.htm.
- Solís, R. (2011). *La decisión de distribución física de las instalaciones .* Puputua: Alfaguara.
- Vallhonrat, J., & Corominas, A. (2010). *Localización, distribución en planta de acuerdo al método Guerchet .* Palermo: Marcombo.
- Weiss, J. (2016). *POM-QM for Windows.* Pearson. Obtenido de http://wps.prenhall.com/bp_weiss_software_1/.

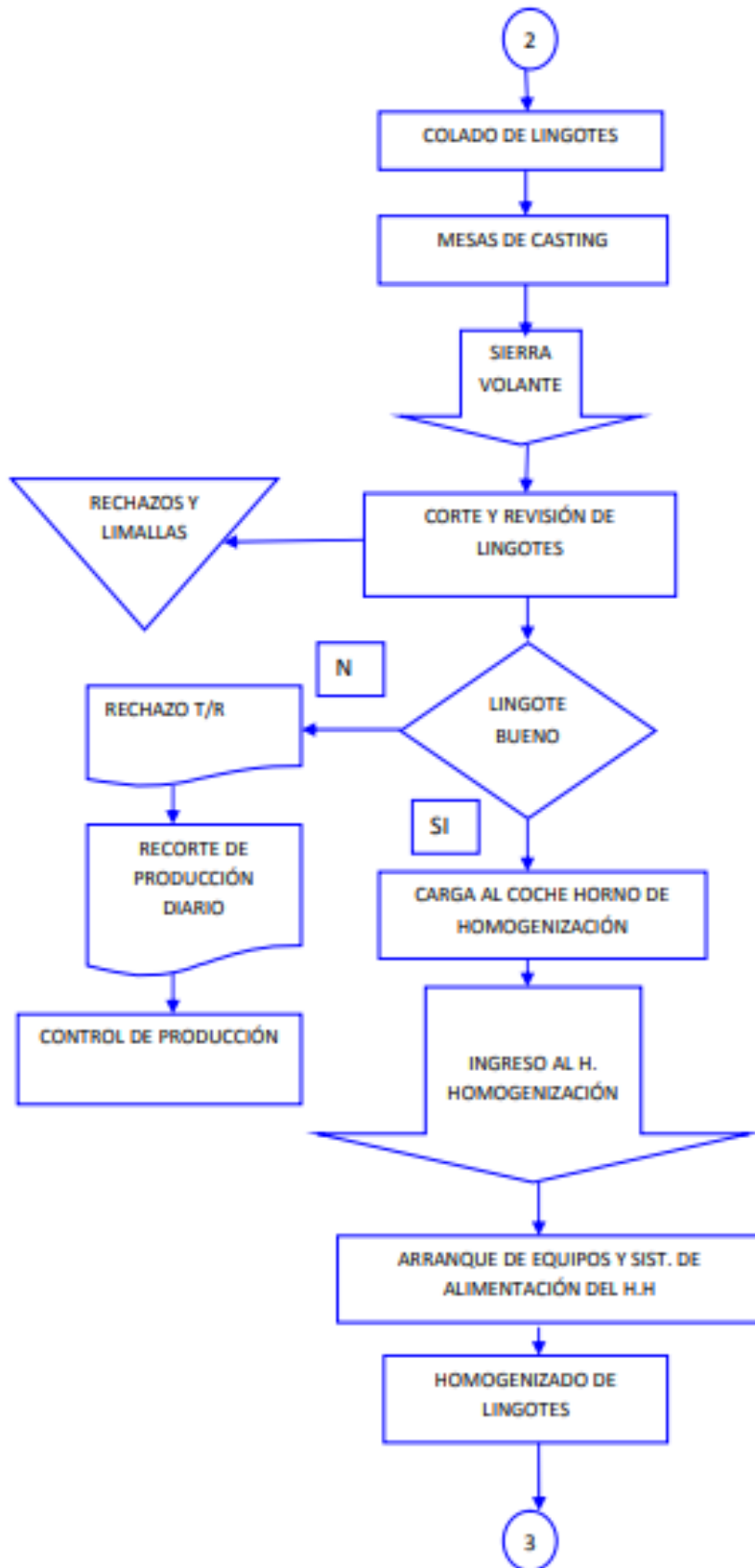
15. ANEXOS

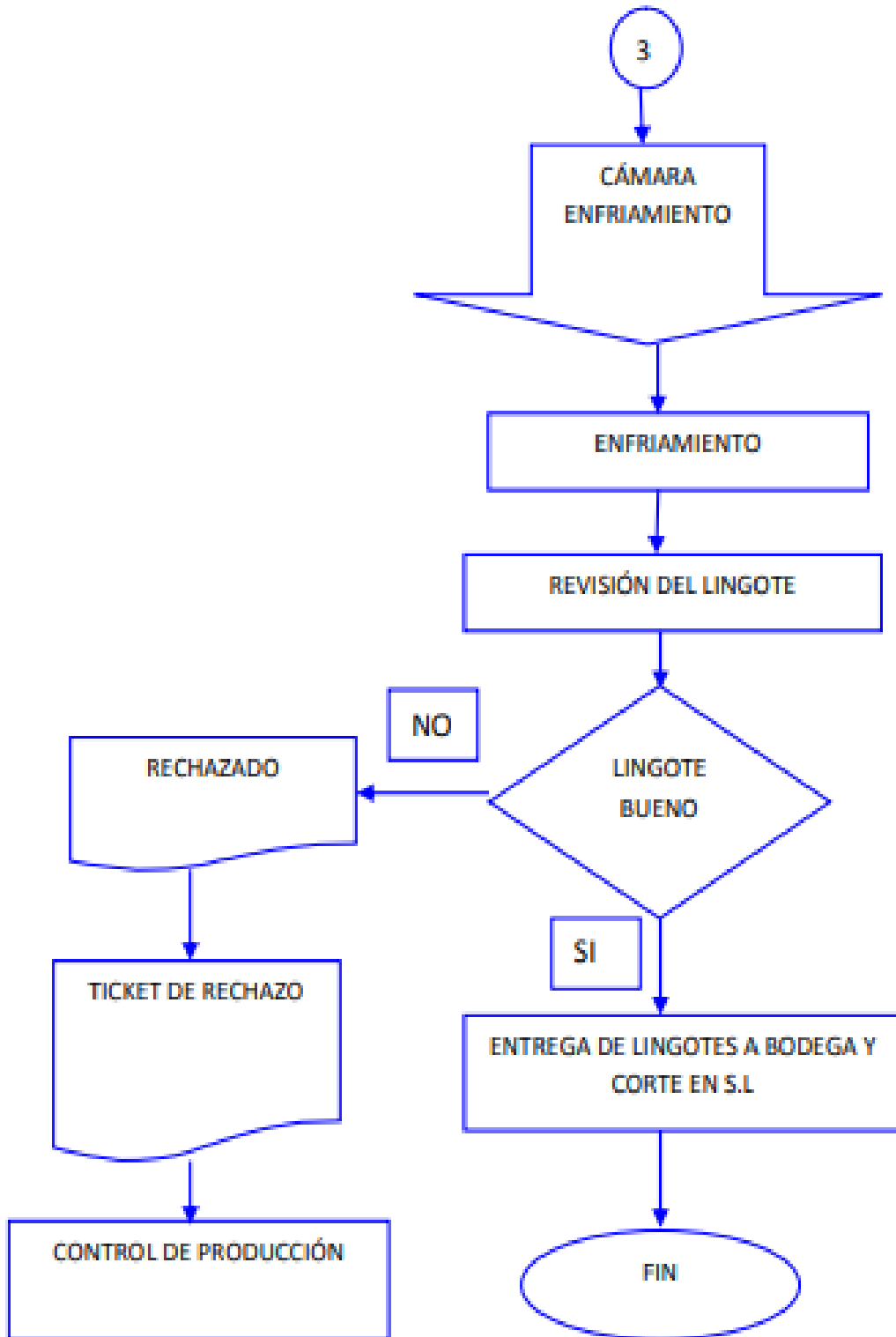
Anexo 01. Diagrama de flujo - recepción de chatarra



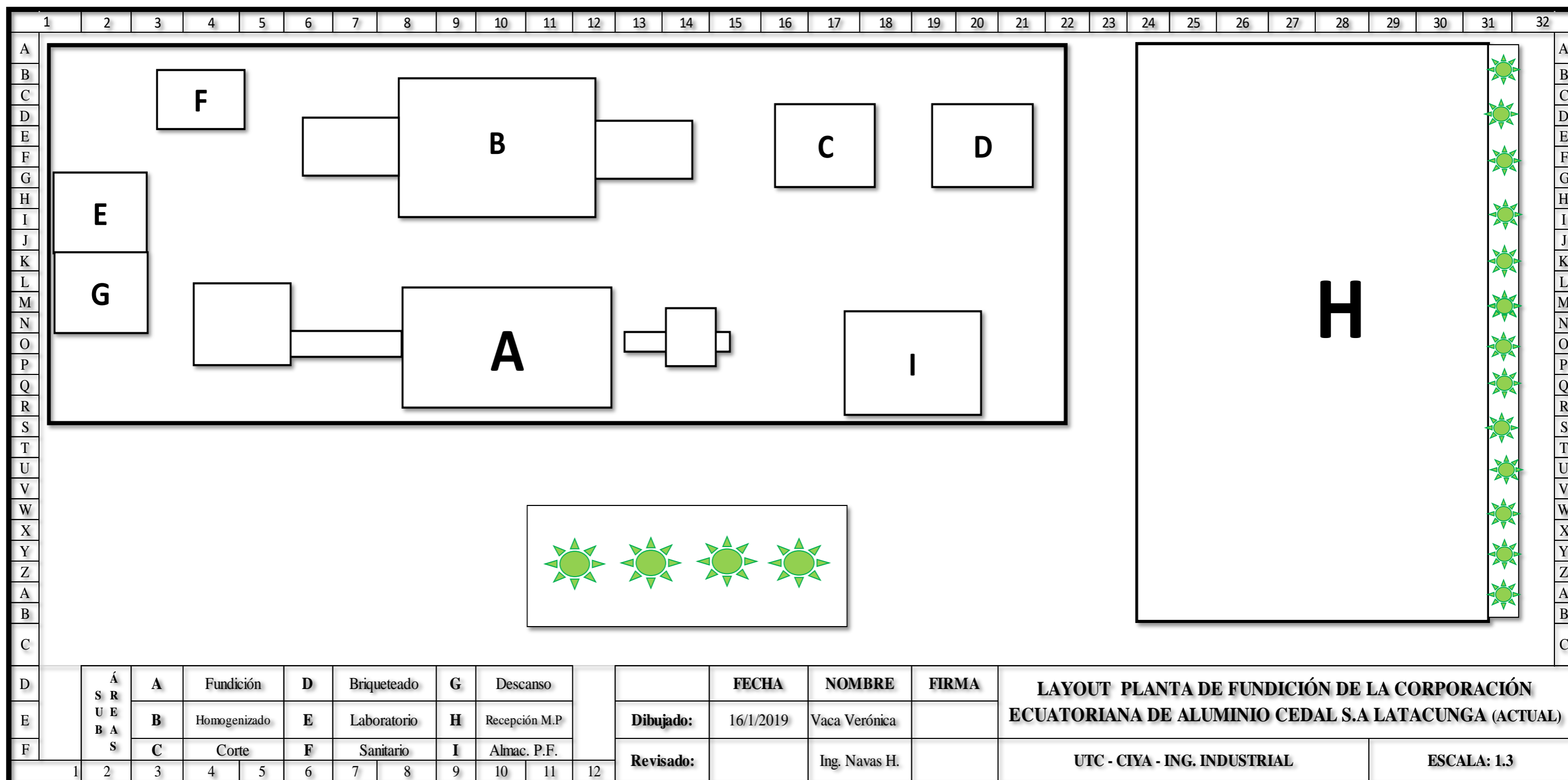
Anexo 02. Diagrama de flujo del proceso de fundición.





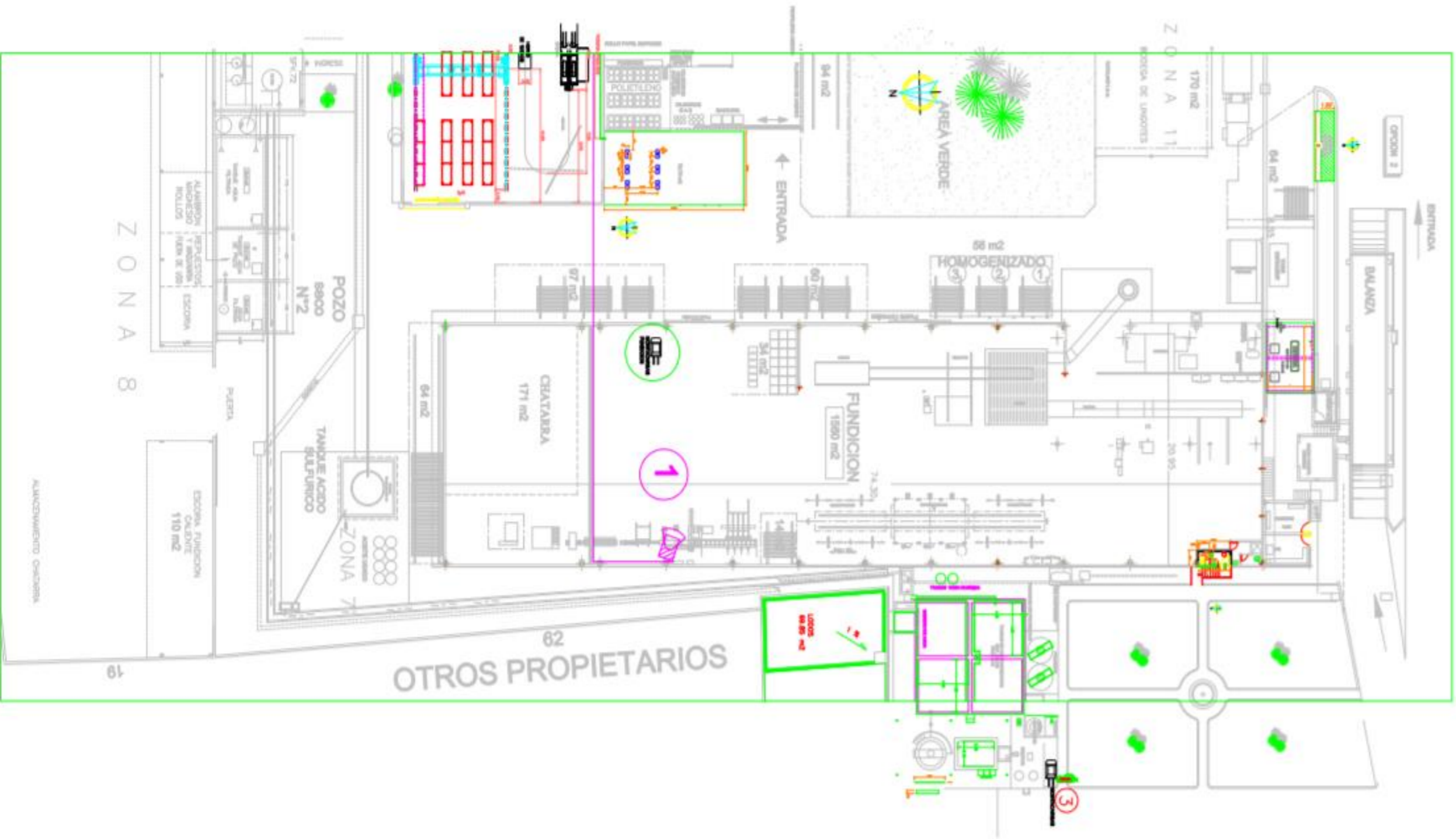


Anexo 03. Layout Actual

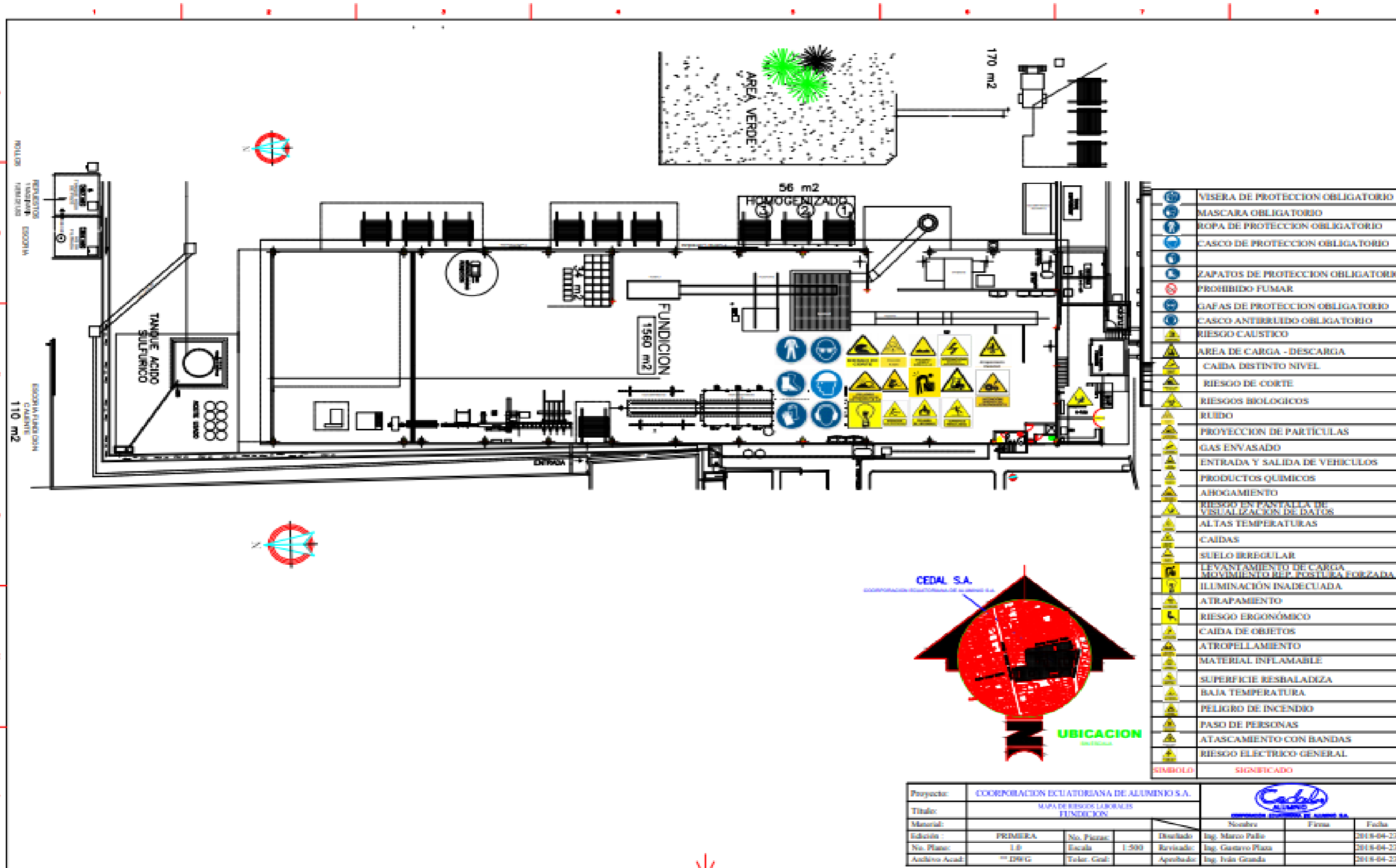


| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------|---|-------------|---|---------------|-----------|-----------|---------------|-------|--|-------------|--|
| D | Á S R U E B A S | A | Fundición | D | Briqueteado | G | Descanso | | FECHA | NOMBRE | FIRMA | LAYOUT PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A LATACUNGA (ACTUAL) | | |
| E | | B | Homogenizado | E | Laboratorio | H | Recepción M.P | Dibujado: | 16/1/2019 | Vaca Verónica | | | | |
| F | | C | Corte | F | Sanitario | I | Almac. P.F. | Revisado: | | Ing. Navas H. | | UTC - CIYA - ING. INDUSTRIAL | ESCALA: 1.3 | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |

UT - PLANTA CEDAL (FUNDICION)



Anexo 05. Mapa de Riesgos y Recursos



Anexo 8. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2247: 2000

ANEXO C

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2 247:2000⁶

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2 247:2000

**ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO.
EDIFICIOS. CORREDORES Y
PASILLOS.
CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

Primera Edición

ACCESIBILITY TO PHYSICAL ENVIRONMENT.
BUILDINGS, HALLWAYS,
CHARACTERISTICS.

AND PASSAGES. GENERAL

First Edition

DESCRIPTORES: Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, corredores y pasillos.
CO 01.06-405
CDU: 695.38
CIIU: 0100
ICS: 11.180

⁶ <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.ntc.2247.2000.pdf>

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece las dimensiones mínimas y las características funcionales y constructivas que deben cumplir los corredores y pasillos en los edificios.

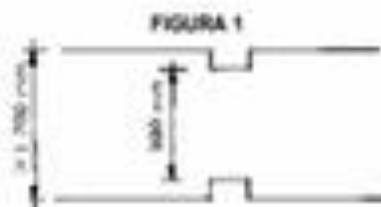
2. REQUISITOS**2.1 Requisitos específicos****2.1.1 Dimensiones**

2.1.1.1 Los corredores y pasillos en el interior de las viviendas, deben tener un ancho mínimo de 1 000 mm. Cuando exista la posibilidad de un giro a 90° el pasillo debe tener un ancho mínimo de 1 200 mm.

2.1.1.2 Los corredores y pasillos en edificios de uso público, deben tener un ancho mínimo de 1 200 mm. Donde se prevea la circulación frecuente en forma simultánea de dos sillas de ruedas, éstos deben tener un ancho mínimo de 1 800 mm.

2.1.1.3 Los corredores y pasillos deben estar libres de obstáculos en todo su ancho mínimo y desde su piso hasta un plano paralelo a él ubicado a 2 050 mm de altura. Dentro de este espacio no se puede ubicar elementos que lo invadan (ejemplo: luminarias, carteles, equipamiento, partes propias del edificio o de instalaciones).

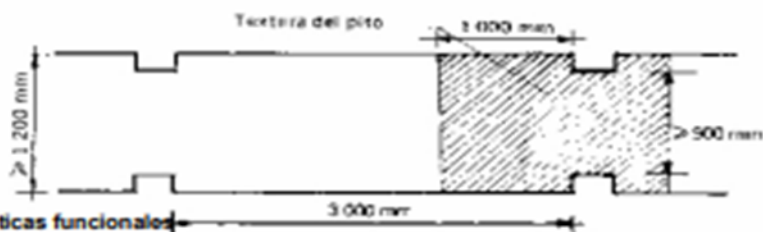
2.1.1.4 En los corredores y pasillos, poco frecuentados de los edificios de uso público, se admite reducciones localizadas del ancho mínimo. El ancho libre en las reducciones nunca debe ser menor de 900 mm (ver Figura 1).



a) Las reducciones no deben estar a una distancia menor de 3 000 mm, medida sobre el eje longitudinal. (ver Figura 2)

- b) La longitud acumulada de todas las reducciones nunca debe ser mayor al 10 % de la extensión del corredor o pasillo.

FIGURA 2



2.1.2 Características funcionales

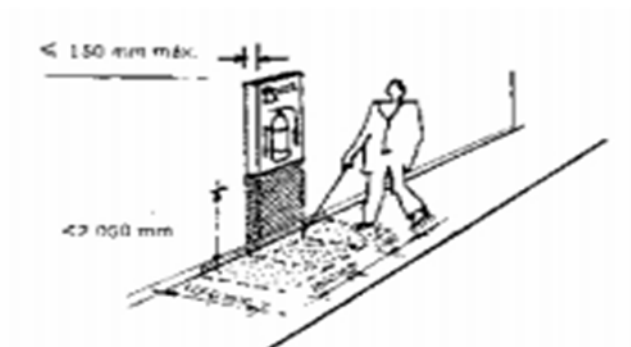
2.1.2.1 El diseño y disposición de los corredores y pasillos así como la instalación de señalización adecuada debe facilitar el acceso a todas las áreas que sirven, así como la rápida evacuación o salida de ellas en casos de emergencia.

2.1.2.2 El espacio de circulación no se debe invadir con elementos de cualquier tipo. Si fuese necesario ubicarlos, se instalan en ampliaciones adyacentes.

2.1.2.3 Los pisos de corredores y pasillos deben ser firmes, antideslizantes y sin irregularidades en el acabado. No se admite tratamientos de la superficie que modifique esta condición (ejemplo; encerado).

2.1.2.4 Los elementos, tales como equipos de emergencia, extintores y otros de cualquier tipo cuyo borde inferior esté por debajo de los 2 050 mm de altura, no pueden sobresalir más de 150 mm del plano de la pared (ver Figura 3).

FIGURA 3



2.2.5.1 El indicio de la presencia de objetos que se encuentren en las condiciones establecidas, en el

numeral 2.1.2.4 se debe hacer de manera que pueda ser detectado por intermedio del bastón largo utilizado por personas no videntes y baja visión (ver Figura 3).

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Colombiana ICONTEC 4140/98 *Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, Pasillos y corredores. Características generales.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Santafé de Bogotá, Colombia, 1998.

Norma Panamericana COPANT 1 615/95 *Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios pasillos y galerías. Características generales.* Comisión Panamericana de Normas Técnicas. Caracas, Venezuela. 1995.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

| | | |
|--|---|--|
| <p>Documento: NTE INEN 2 247 ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1999-01-19</p> | <p>TÍTULO: ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. EDIFICIOS, CORREDORES Y PASILLOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:</p> | <p>Código: CO 01.08-405</p> |
| <p>Fechas de consulta pública: de _____ a _____</p> | | |
| <p>Subcomité Técnico: ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO Fecha de iniciación: 1999-02-25 Fecha de aprobación: 1999-05-27 Integrantes del Subcomité Técnico:</p> | | |
| <p>NOMBRES:</p> | | |
| Ing. Hernán Castillo P. (Presidente) | Ing. Gustavo Yáñez Cajas | |
| Arq. Nelson Riofrío A (Vicepresidente) | Arq. Vinicio Mazón | |
| Ing. Franklin Piña Arq. Mario Hidrobo M. | Arq. Luis Fernando Moreno M (Secretario Técnico) | |
| Arq. Irma Portero | | |
| Arq. Patricio Villacís C. Arq. Miguel Salazar | | |
| Arq. Mónica Quintana M. Arq. Julio Jiménez Ing. Héctor Cedeño Ponce Ing. Héctor Cedeño Ponce | | |
| Arq. Ernesto Pillajo | | |
| Arq. Rodrigo Espin Arq. Cesar Camacho | | |

Anexo 9. Formulario de Preguntas - Proceso Productivo Actual

| Formulario de Preguntas - Proceso Productivo Actual |
|---|
| Pregunta 1. - Describa las máquinas comprende el área de fundición. |
| Horno de fundición, Horno de Homogenizado, Sierra Loma, Briqueteadora, Balanzas. |
| Pregunta 2. - Describa la fundición que desempeñan las máquinas comprendidas por el área de fundición. |
| Horno de fundición.- funde la materia prima (chatarra) y con la añadidura de insumos se obtiene lingotes de aluminio. |
| Horno de Homogenizado.- llamado también cocido total y disgrega los elementos químicos concentrados. |
| Sierra Loma.- Corta lingotes de aluminio en billets de acuerdo a la orden de pedido el más producido es de 24'' |
| Briqueteadora. - compacta viruta para recuperar la concentración del aluminio y evita grandes espacios de almacenamiento. |
| Balanzas. - Se ocupa en el proceso de pesado de la chatarra, se dispone de una para la recepción de chatarra y la otra contiene la cuchara para el ingreso al horno de fundición. |
| Pregunta 3. - Cantidad de Lingotes que se produce por turno |
| 4 lingotes c/42 min - 44 lingotes en 1 turno |
| Pregunta 4. - Costo de lingote |
| Se estima que cuesta \$300,00 la tonelada |
| Pregunta 5. - Cuantas personas laboran por turno |
| 1 especialista, 1 supervisor, 3 operadores |
| Pregunta 6. - Cantidad de abastecimiento de orden de pedido Cedal – Durán |
| De un lote de producción el 20 % de lingotes es enviado a Durán |
| Pregunta 7. - Lados operativos de cada máquina. |
| En su mayoría tienen 1 lado operativo a diferencia de las balanzas que tienen 2 |
| Pregunta 8. - Estimación de esos en kg. de cada máquina. |

Anexo 10. Formulario de Preguntas – Estimación de Costos de Redistribución

| |
|--|
| Formulario de Preguntas - Estimación de Costos de Redistribución |
| Pregunta 1. - Señale que maquinas son fijas y móviles |
| Máquinas fijas: Horno de fundición y de homogenizado. |
| Máquinas móviles: Sierra Loma, briqueteadora y balanzas |
| Pregunta 2. - Cuantas personas intervendrán en la construcción de los hornos |
| 12 obreros |
| 3 especialistas en infraestructura |
| 2 especialistas en control industrial |
| 1 encargado de la obra. |
| Pregunta 3. - Cuanto tiempo se necesitará para realizar los cambios |
| 3 meses; entre enfriamiento y calentamiento de los hornos, y construcción de los mismos. |
| Pregunta 4. - Costo de lingote |
| Se estima que cuesta \$300,00 la tonelada |
| Pregunta 5. - Cuantas personas laboran por turno |
| 1 especialista, 1 supervisor, 3 operadores |
| Pregunta 6. - Estimación de costos por mano de obra, materiales e insumos, etc. |
| Pregunta 7. - Estimación del Sueldo a pagar al personal contratado. |
| Pregunta 8. - Estimación del peso a levantar por persona. |