



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño del Proceso de Producción de Paneles de  
Hormigón para Casas Prefabricadas de Interés Popular”.

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Andrés Josué Aguayo Aróstegui

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2010**

# AGRADECIMIENTO

A Dios por llenar de luz y alegría mi camino.

A la compañera y amor incondicional de mi vida, Kerly por entender los sacrificios requeridos.

A mis padres Gustavo y Janeth por su soporte, y apoyo para mantenerme enfocado en mis metas.

A mis queridos hermanos Fabricio, Christian y Sofía por conservar la confianza y motivación de poder hacerlo.

A la Ing. María Denisse Rodríguez por ser un apoyo constante y empuje a mantener claro el objetivo final, sin el cual no hubiera sido posible este logro.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron sin condiciones.

# DEDICATORIA

A Dios quien hace posible la maravilla de vivir.

A la luz y motivación de mi vida mi hija hermosa Kristhel Aguayo Jaramillo.

Al amor de mi vida, Kerly Jaramillo, quien trajo luz, alegría y compañía a mi vida.

A mis siempre amados padres Gustavo Aguayo y Janeth Aróstegui a quienes siempre llevo presentes en mi corazón y me formaron como la persona que soy.

A mis queridos hermanos Fabricio, Christian y Sofía, quienes siempre me han demostrado cariño y acompañado en momentos difíciles.

A mis abuelitos, tíos y primos que siempre han tenido la confianza de que puedo sobresalir.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. María Denisse Rodríguez Z.  
DIRECTORA DE TESIS



Dr. Kléber Barcia V.  
VOCAL



CIB-ESPOL

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Andrés Josué Aguayo Aróstegui

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis surgió de la necesidad de diseñar un proceso de producción para paneles de hormigón para una empresa sin experiencia previa del proceso, que buscaba obtener un rendimiento adecuado de la operación y que se ajuste al presupuesto o se encuentre por debajo del mismo.

Dentro de la metodología utilizada en el diseño del proceso se pueden detallar: la utilización del análisis de operaciones basándose en los 9 enfoques para analizar a profundidad cada aspecto que involucra al proceso de producción; el estudio de tiempos para establecer los estándares de tiempo y así se pudo determinar el tiempo de ciclo del proceso; el balanceo de línea que permitió equilibrar la carga de trabajo entre áreas y llevando el tiempo de operación al tiempo requerido de ciclo para satisfacer la necesidad planteada; el modelo de simulación en Promodel serviría para verificar la validez de los resultados obtenidos para finalmente con la aplicación de herramientas financieras sencillas como la tasa interna de retorno, el valor actual neto, el período de recuperación y el análisis de sensibilidad poder haber determinado los costos y el rendimiento del proceso.

Las iniciativas de diseño en la línea de producción fueron por fuente de los mismos operarios que conocían más del proceso y de los ingenieros a cargo del mismo que evaluaron los escenarios y opciones que se presentaban.

Debido al enorme interés y expectativas generadas alrededor de este proyecto para mejorar la línea de producción iniciada, al final de este trabajo se encuentran ejecutadas todas las mejoras e iniciativas planteadas en el desarrollo del mismo, llegando a obtener el resultado que la organización busca, una línea capaz de satisfacer la demanda esperada y que controle el costo generado por el mismo.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. METODOLOGÍA.....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	7
CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. 9 ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS DE OPERACIONES.....	11
2.2. ESTUDIO DE TIEMPOS.....	38



2.3.	BALANCE DE LÍNEA DE OPERACIONES DE MANUFACTURA.....	60
2.4.	SIMULACIÓN DE PROCESOS.....	63
2.5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD.....	66

### CAPÍTULO 3

3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	72
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	72
3.2	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	75
3.3	PRODUCTOS.....	78
3.4	MERCADO Y CLIENTES.....	84
3.5	PROCESO.....	86
3.6	TECNOLOGÍA.....	92

### CAPÍTULO 4

4.	PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	96
4.1.	ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN (9 ENFOQUES).....	96
4.2.	ESTUDIO DE TIEMPOS.....	197
4.3.	BALANCE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	214
4.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	249

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	262
5.1. CONCLUSIONES.....	262
5.2. RECOMENDACIONES.....	266

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## **ABREVIATURAS**

OSHA	Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional (Siglas abreviadas del nombre en inglés)
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (Siglas abreviadas del nombre en inglés)
ILO	Organización Internacional del Trabajo (Siglas abreviadas del nombre en inglés)
LEM	Laboratorio de Ensayo de Materiales
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador
CNC	Control numérico computarizado
SIPOC	Relación de proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes (Siglas abreviadas del nombre en inglés)
FODA	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas
EPP	Equipo de protección personal
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
PRI	Período de recuperación de la inversión
FIFO	Primero en entrar, primero en salir (Siglas abreviadas en inglés)

CIF	Costos indirectos de fabricación
TO	Tiempo observado
TN	Tiempo normal
TE	Tiempo estándar
C	Calificación del desempeño del operario
S	Suplemento asignado para la operación
SD ( <i>f</i> )	Suplemento de descanso de fuerza muscular
SD ( <i>c</i> )	Suplemento de descanso de condiciones atmosféricas
SD ( <i>r</i> )	Suplemento de descanso de nivel de ruido
SD ( <i>i</i> )	Suplemento de descanso de nivel de iluminación
$\Delta W$	Variación en consumo de energía
$W_t$	Consumo de energía al trabajar
TGBH	Temperatura global del bulbo húmedo
<i>e</i>	Número de euler $\approx 2.7182$
$D_r$	Dosis de ruido
$t_r$	Tiempo en horas que pasa un operario a un nivel especificado de ruido
$t_p$	Tiempo en horas permitido a un operario a un nivel especificado de ruido
<i>I</i>	Inversión inicial
$F_{C_n}$	Flujo de caja en un período <i>n</i>
<i>i</i>	Tasa de rentabilidad esperada
$P_n$	Percentil <i>n</i>
$\mu$	Media de la población
$\sigma$	Desviación estándar de la población
$z_n$	Valor de la distribución normal estándar para el valor <i>n</i>
Lx	Lux, unidad de iluminación
fc	Pies candela, unidad de iluminación
W	Vatio o watt, unidad de potencia
Hz	Hertz, unidad de frecuencia

dB	Decibelio, unidad relativa logarítmica de relación en acústica
dBA	Decibelio A, indicador de riesgo auditivo, medido con un filtro previo
min	Minuto, unidad de tiempo
Kcal	Kilocaloría, unidad de energía
°F	Grados Fahrenheit, unidad de temperatura
mm	Milímetro, unidad de longitud
cm	Centímetro, unidad de longitud
km	Kilómetro, unidad de longitud
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado, unidad de área
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico, unidad de volumen
m <sup>3</sup>	Metro cúbico, unidad de volumen
V	Voltio, unidad eléctrica
Kg	Kilogramo, unidad de masa
gr	Gramo, unidad de masa

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Diagrama de metodología.....	6
Figura 2.1. Requerimiento de ventilación según volumen de aire disponible.....	37
Figura 3.1. Ubicación de la planta referente a la Vía a Daule.....	78
Figura 3.2. Casa prefabricada armada.....	80
Figura 3.3. Vista interior de panel de hormigón.....	81
Figura 3.4. Gráficos de barras de Pareto de cantidad y área por tipo de paneles de casa.....	83
Figura 3.5. Modelo de panel de hormigón actual.....	83
Figura 3.6. Gráfico de barras de presupuesto por actividad de paneles de hormigón.....	89
Figura 3.7. Diagrama SIPOC del proceso de paneles de hormigón.....	90
Figura 3.8. Diagrama de flujo de proceso de paneles de hormigón.....	91
Figura 4.1. Operarios cargando agregados en carretilla.....	98

Figura 4.2.	Mezcla regada en los alrededores del molde.....	99
Figura 4.3.	Operario provee de mezcla a molde.....	101
Figura 4.4.	Vista lateral de diseño actual y propuesto de paneles de hormigón.....	103
Figura 4.5.	Vista lateral del almacenamiento de paneles encastre en V.....	105
Figura 4.6.	Vista superior del encastre de paneles en viga metálica.....	108
Figura 4.7.	Plano de mallas compradas a proveedor.....	111
Figura 4.8.	Plano de diseño de mallas sugerido.....	114
Figura 4.9.	Parihuelas empleadas para carga de agregados.....	127
Figura 4.10.	Mezclado manual.....	130
Figura 4.11.	Mezclado asistido por máquina.....	131
Figura 4.12.	Área de descarga de mezcla.....	135
Figura 4.13.	Baldes usados para transporte de mezcla.....	136
Figura 4.14.	Carga de balde sugerido para mezcla.....	137
Figura 4.15.	Binchas de agarre para fijar marcos y base de moldes.....	139
Figura 4.16.	Transporte manual de paneles de hormigón.....	157
Figura 4.17.	Matriz de relaciones de áreas de la planta.....	159
Figura 4.18.	Diagrama de bloques de las relaciones entre áreas.....	163
Figura 4.19.	Operario paleando agregados.....	166
Figura 4.20.	Diagrama de secuencia de operaciones.....	216
Figura 4.21.	Tendencia del costo de personal por casa según alternativa.....	223

Figura 4.22. Tendencia casas mes proyectadas según alternativa.....	223
Figura 4.23. Locaciones del proceso.....	225
Figura 4.24. Entidades del proceso.....	226
Figura 4.25. Recursos del proceso.....	227
Figura 4.26. Arribos del proceso.....	228
Figura 4.27. Layout del proceso.....	229
Figura 4.28. Gráfica del tiempo de calentamiento de línea.....	231



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Claves de prioridad en tabla de relaciones.....	24
Tabla 2 Rendimiento sugerido para tareas manuales comunes.....	28
Tabla 3 Valores para iluminación en interiores.....	34
Tabla 4 Rendimientos de fuentes de luz artificial.....	34
Tabla 5 Exposiciones permisibles al ruido.....	35
Tabla 6 Número recomendado de ciclos de observación.....	44
Tabla 7 Valores de calificación de habilidades de Westinghouse.....	46
Tabla 8 Valores de calificación de esfuerzo de Westinghouse.....	47
Tabla 9 Valores de calificación de condiciones de Westinghouse.....	47
Tabla 10 Valores de calificación de consistencia de Westinghouse.....	48
Tabla 11 Categoría de ILO de acuerdo al nivel de iluminación.....	55
Tabla 12 Suplementos de acuerdo a condiciones especiales.....	56
Tabla 13 Servicios básicos del sector.....	77
Tabla 14 Servicios básicos dentro de la planta.....	77

Tabla 15	Dimensiones y cantidad de paneles de hormigón para casa de diseño de 6 metros de frente .....	82
Tabla 16	Pareto de cantidad y área de tipos de paneles de hormigón por casa.....	82
Tabla 17	Bonos de vivienda rural y urbano - marginal entregados.....	85
Tabla 18	Participación estimadas y casas mes a entregar.....	86
Tabla 19	Presupuestos por rubro de casa prefabricada.....	87
Tabla 20	Presupuestos por rubro de paneles de hormigón.....	89
Tabla 21	Matriz FODA para implementar el proceso de paneles de hormigón.....	93
Tabla 22	Actividades con oportunidad de mejora del proceso.....	97
Tabla 23	Actividades de preparación con marcos para paneles con encastre en V.....	104
Tabla 24	Actividades de preparación con marcos para paneles con encastre plano.....	105
Tabla 25	Medidas de mallas compradas a proveedor para uso en paneles de hormigón.....	110
Tabla 26	Costos asociados a la producción de mallas en planta.....	115
Tabla 27	Proporción en peso de materiales para un metro cúbico de hormigón.....	116
Tabla 28	Límites de consumo de material en hormigón por casa.....	117
Tabla 29	Evaluación del cemento disponible en Ecuador.....	119
Tabla 30	Evaluación de los proveedores locales de arena.....	122

Tabla 31	Evaluación de los proveedores locales de piedra.....	125
Tabla 32	Dimensiones y peso a cargar por parihuelas.....	128
Tabla 33	Actividades en mezclado manual.....	128
Tabla 34	Proporción en peso de materiales por parada de mezcla.....	132
Tabla 35	Tiempos actuales de preparación y paradas planificadas.....	140
Tabla 36	Tiempos de paradas no planificadas.....	140
Tabla 37	Disponibilidad y rendimientos actuales de tiempo.....	141
Tabla 38	Tiempos sugeridos de preparación y paradas planificadas.....	145
Tabla 39	Disponibilidad y rendimientos de tiempos planeados.....	145
Tabla 40	Herramientas y equipos de protección personal por actividad...	146
Tabla 41	Tabla de cualidades de materia prima de paneles de hormigón.....	149
Tabla 42	Tablas de manejo de material: Agua.....	150
Tabla 43	Tablas de manejo de material: Arena homogenizada.....	151
Tabla 44	Tabla de manejo de material: Cemento.....	152
Tabla 45	Tabla de manejo de material: Piedra #56.....	153
Tabla 46	Tabla de cualidades de sub productos de los procesos.....	154
Tabla 47	Tabla de manejo de material: Malla soldada.....	154
Tabla 48	Tabla de manejo de material: Mezcla de hormigón.....	155
Tabla 49	Tabla de cualidades del producto del proceso.....	155
Tabla 50	Tabla de manejo de material: Panel de hormigón.....	156
Tabla 51	Áreas consideradas para la distribución de la planta.....	158
Tabla 52	Claves y valores de acuerdo a la relación entre áreas.....	162

Tabla 53	Resultados de relaciones entre áreas.....	162
Tabla 54	Carga calórica de paleado de agregados.....	167
Tabla 55	Carga calórica de paleado de mezcla.....	167
Tabla 56	Carga calórica de preparación y armado de moldes.....	173
Tabla 57	Carga calórica de mezclado (Equipo de 2 personas).....	174
Tabla 58	Carga calórica de mezclado (Jefe de cuadrilla).....	175
Tabla 59	Carga calórica de transporte de mezcla.....	177
Tabla 60	Carga calórica de hormigonado.....	180
Tabla 61	Carga calórica de acabado.....	181
Tabla 62	Dimensiones relevantes antropométricas de los operarios.....	182
Tabla 63	Altura de moldes montados y máxima altura permitida.....	188
Tabla 64	Cálculo de luminarias requeridas.....	192
Tabla 65	Temperaturas por área de trabajo.....	195
Tabla 66	Operarios seleccionados para el estudio.....	200
Tabla 67	Elementos de la operación de preparación de moldes.....	202
Tabla 68	Elementos de la operación de carga de agregados.....	202
Tabla 69	Elementos de la operación de mezclado.....	202
Tabla 70	Elementos de la operación de carga de mezcla.....	203
Tabla 71	Elementos de la operación de transporte de mezcla.....	203
Tabla 72	Elementos de la operación de hormigonado.....	204
Tabla 73	Elementos de la operación de acabado.....	204
Tabla 74	Ciclos requeridos de estudio por proceso.....	205
Tabla 75	Calificación de desempeño por operario.....	206

Tabla 76	Suplemento por fuerza muscular por operación.....	209
Tabla 77	Suplemento por condiciones de trabajo por operación.....	209
Tabla 78	Suplemento por ruido por operación.....	210
Tabla 79	Suplemento por fatiga variable por operación.....	212
Tabla 80	Suplemento total del proceso.....	213
Tabla 81	Determinación del tiempo estándar por operación.....	213
Tabla 82	Requerimientos de unidades procesadas por operación.....	215
Tabla 83	Tasa de producción esperada del proceso.....	215
Tabla 84	Tasa de producción esperada por operación.....	216
Tabla 85	Secuencia de operaciones.....	217
Tabla 86	Tiempos y unidades necesarias por operación.....	217
Tabla 87	Tiempo requerido por operación por recurso.....	218
Tabla 88	Tiempo de ciclo requerido.....	219
Tabla 89	Tipo de tecnología por operación.....	219
Tabla 90	Balanceo según alternativa R.....	221
Tabla 91	Balanceo según alternativa S.....	222
Tabla 92	Tiempo de calentamiento de línea.....	231
Tabla 93	Total de baldes procesados por hormigonado, corrida 1.....	232
Tabla 94	Total de baldes procesados por hormigonado, corrida 5.....	233
Tabla 95	Reporte general de la simulación.....	234
Tabla 96	Reporte de locaciones de la simulación.....	235
Tabla 97	Reporte de locaciones moldes de la simulación.....	237
Tabla 98	Reporte de estado de locaciones de la simulación.....	239

Tabla 99	Reporte de recursos de la simulación.....	243
Tabla 100	Reporte de actividades de las entidades de la simulación.....	246
Tabla 101	Costo por casa de materiales directos.....	250
Tabla 102	Costo por casa de mano de obra directa.....	250
Tabla 103	Costos indirectos de fabricación.....	251
Tabla 104	Costo de fabricar paneles de hormigón excluyendo mallas.....	252
Tabla 105	Costo esperado vs presupuesto planteado.....	252
Tabla 106	Inversión inicial.....	254
Tabla 107	Flujo de efectivo y valor actualizado.....	255
Tabla 108	Valor actual neto del proyecto.....	256
Tabla 109	Iteraciones de rentabilidad.....	257
Tabla 110	Tasa interna de retorno del proyecto.....	257
Tabla 111	Período de recuperación de la inversión.....	258
Tabla 112	Análisis de sensibilidad.....	260

# **CAPÍTULO 1**

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

La empresa en la cual está desarrollada esta tesis, METALCON ha tenido una participación en el mercado de concursos y proyectos de estructuras metálicas desde el año 1993. En todo este tiempo ha experimentado cambios estructurales incluso cambiando la ubicación de la planta.

La empresa con el tiempo ha ido tecnificando sus operaciones para cumplir satisfactoriamente los concursos ganados, e ir construyendo su prestigio en el diseño, fabricación, y montaje de estructuras metálicas.

Desde el inicio de sus operaciones, se estima que se han realizado más de 600 torres eléctricas, 40 subestaciones eléctricas, 120 torres telefónicas de diversos tipos, etc.

La empresa en su búsqueda de crecimiento decidió participar como oferente de viviendas de interés popular en el programa impulsado por Gobierno Nacional a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en el año 2008.

Para ello se presentó la oferta en la cual la empresa realiza las siguientes actividades: cimentación del terreno, fabricación de estructura metálica, fabricación de paneles de hormigón, y armado de la casa (incluyendo gasfitería, electricidad, cubierta, puertas y ventanas).

La empresa mantiene su giro de trabajo en fabricación de estructuras metálicas e incorpora este producto (casas prefabricadas), del cual se desprende un proceso nuevo para las actividades de la empresa como es la fabricación de paneles de hormigón.



Se ha diseñado un proceso empírico para la manufactura de paneles de hormigón, pero es necesario que el mismo sea tecnificado, el cual se pueda desarrollar y conocer sus capacidades y rendimientos, así como cuantificar y minimizar su costo de operación.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa cuenta con un diseño empírico con el cual no es posible cuantificar el costo exacto del proceso ni determinar el rendimiento y recursos necesarios de las operaciones, pudiendo ser una operación con un sobre costo.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el proceso de producción para paneles de hormigón a partir del proceso empírico con estándares de tiempo y una línea balanceada que minimice el costo de operación.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Tecnificar el proceso de producción que actualmente es empírico, asegurando el cumplimiento de la demanda esperada y calidad del producto fijada.
- Establecer estándares de tiempo para cada una de las actividades de producción de paneles de hormigón.
- Determinar la cantidad de equipos y personal necesario para satisfacer las proyecciones de producción de paneles de hormigón.
- Plantear las condiciones de trabajo e instalaciones necesarias para un desenvolvimiento adecuado y seguro para operarios y equipos.
- Presentar el resultado económico proyectado de la producción de paneles de hormigón.

#### **1.4. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron herramientas de ingeniería industrial, las cuales se detallan a continuación:

- Técnicas de evaluación de procesos (Diagrama de Pareto, Análisis SIPOC, matriz FODA)

- Ingeniería de métodos para análisis de operaciones (9 enfoques, estudio de tiempos).
- Mapeo de procesos (Diagrama de análisis de proceso, diagrama de recorrido, diagrama de flujo de proceso).
- Balanceo de línea para determinar el personal o máquinas requeridas por área de trabajo.
- Software de simulación para validar los resultados proyectados o esperados del proceso de producción.
- Estimación de costos y fórmulas financieras para presentar el resultado económico esperado del proceso planteado.

Estas herramientas fueron usadas en las tres etapas macro del proyecto: Análisis de situación actual, planteamiento de la solución y validación y presentación de resultados. Como se fueron empleando en el desarrollo del proyecto en cada etapa se presenta en el siguiente gráfico:

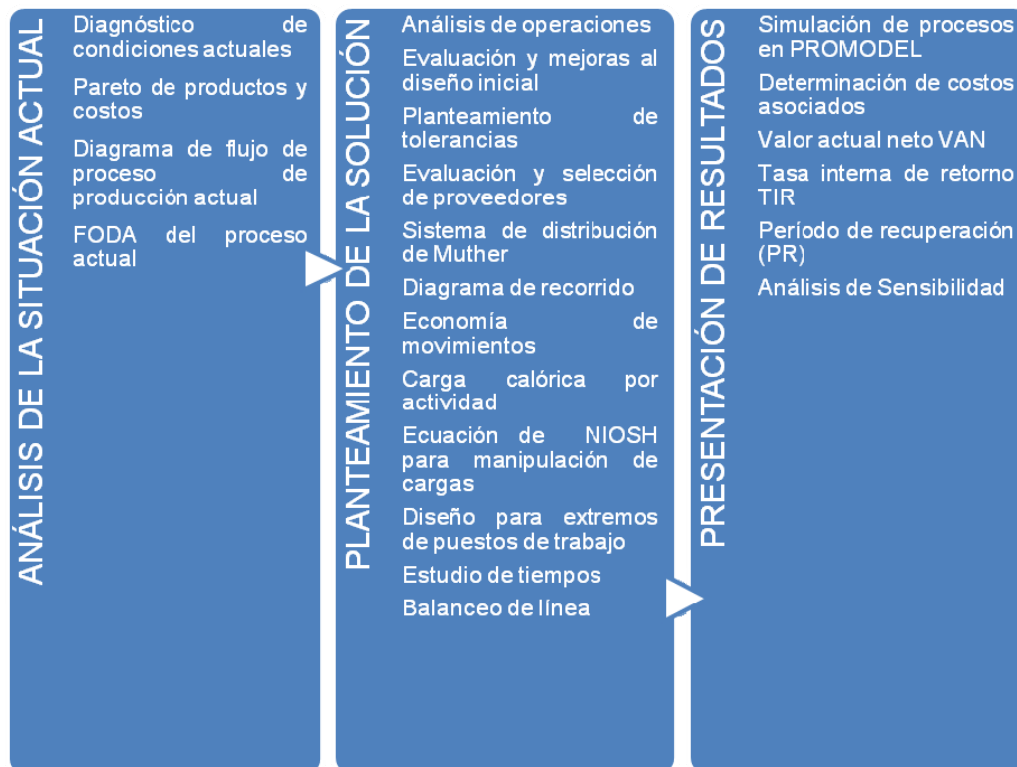


Figura 1.1. Diagrama de metodología

## 1.5. JUSTIFICACIÓN

Para METALCON es importante el diseño de este proceso, debido a que el diseño inicial fue empírico para estimar capacidades de producción y costos y poder presentar un presupuesto para ser oferente. A partir de ese momento se planteó la necesidad de buscar mejoras económicas en el proceso, considerando que la variable de ingresos en proyectos de este tipo es de valor fijo, por lo cual la única forma de aumentar la rentabilidad del negocio es a través de la reducción de costos.

El segundo punto importante para el desarrollo de este estudio es estimar la rapidez de la línea de producción de tal manera que permita cumplir la demanda esperada, con la cantidad de recursos necesarios y suficientes.

Esta reducción de costos y eficiencia en tiempo, está enfocada en la cantidad de recursos necesarios a través de estándares de tiempo justos para todas las actividades en el proceso, así como los equipos y mejores formas y prácticas de hacer las cosas. La revisión en el diseño del producto y de operaciones podrían aportar con beneficios económicos a través de una selección adecuada de materiales y un producto más sencillo de elaborar y que implique un menor costo de inversión, y que a su vez generen una menor cantidad de desperdicios en el proceso.

## **1.6. ESTRUCTURA DE LA TESIS**

Este proyecto está dividido en 5 capítulos, cada uno de los cuales es presentado resumidamente a continuación:

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

El capítulo 2 muestra la base teórica en la cual esta desarrollada esta tesis basada en textos expuestos en la bibliografía e información disponible de otras fuentes. Presenta la teoría referente al análisis de operaciones soportado en casos por tablas y valores, se presenta la información relevante al estudio de tiempos con sus esquemas generales y consideraciones para la calificación de desempeño del operario y suplementos requeridos. El siguiente punto presenta la información relacionada con el balanceo de línea como las restricciones del modelo, cuellos de botella y algoritmo de balanceo, se hace una referencia a la teoría de simulación para validar los resultados, para finalmente presentar la teoría involucrada con los indicadores financieros con sus respectivas fórmulas y criterios de decisión.

## **CAPÍTULO 3: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL**

El capítulo 3 hace una breve descripción de la empresa y su historia, y cual es su situación actual respecto a servicios y condiciones, además se presentan los productos que la empresa elabora y más detalladamente aquellos que componen la vivienda prefabricada con los respectivos presupuestos planteados al

Ministerios de Desarrollo Urbano y Vivienda. Se presenta el mercado que va a ser cubierto con las viviendas prefabricadas y la demanda esperada.

En este capítulo se presenta el diagrama SIPOC para visualizar como se mueven los recursos en el proceso, se presenta el diagrama de flujo del proceso empírico de producción de paneles de hormigón que es el proceso a partir del cual se inicia el estudio y el análisis FODA con el cual se presentan las condicionantes que justificarán el producto presentado y este proyecto de tesis.

#### **CAPÍTULO 4: PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN**

En el capítulo 4 se plantean las mejoras realizadas, así como el estudio obtenido de las mismas, iniciando con el análisis de la operación que conllevará a mejoras en el diseño del producto, mejores prácticas de trabajo, una selección adecuada de materiales, así como el diseño y distribución de planta y el diseño del trabajo, con el proceso mejorado se realizó el estudio de tiempos con los parámetros requeridos con su respectiva evaluación y suplementos, obteniendo un tiempo estándar por actividad, los cuales se utilizaron como input en el balanceo de

línea con lo cual se pudo determinar los recursos necesarios para satisfacer la demanda proyectada, que posteriormente es probada con una simulación del proceso; con toda la información previa se pueden determinar los resultados económicos así como sus respectivos indicadores financieros que permiten la toma de la decisión.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El capítulo de conclusiones resume las principales ideas y definiciones obtenidas a lo largo del proyecto y los resultados obtenidos que permitirán la toma de la decisión, así como las recomendaciones no consideradas en este proyecto.



# **CAPÍTULO 2**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. 9 ENFOQUES PARA EL ANÁLISIS DE OPERACIONES**

El análisis de la operación es la actividad a través de la cual se examina el proceso planteado, con la finalidad de mejorar los métodos y condiciones de trabajo, buscando impactar en un beneficio económico de la organización, todo esto desarrollado a través de los 9 enfoques descritos a continuación.

#### **1º. PROPÓSITO DE LA OPERACIÓN**

El primer punto involucra analizar el objetivo planteado con el método actual, la cual busca obtener los mismos o mejores

resultados sin que esto involucre un costo adicional, en base a esto se plantea que antes de tratar de mejorar cualquier operación es necesario que se revise la posibilidad de combinarla con otra o eliminarla a fin de conseguir lo buscado (1).

Cuando se llegan a detectar operaciones innecesarias que pueden ser combinadas o eliminadas, es positivo, ya que no se debe capacitar al nuevo personal en actividades que no van a ser implementadas, el costo de la operación no se incrementa al implementar el nuevo método; generalmente las operaciones no útiles son consecuencia de que la operación anterior presenta algún problema y la siguiente tiene como finalidad corregir dicha diferencia, siendo importante centrarse en corregir la primera operación para que no resulte una operación adicional.

## **2º. DISEÑO DEL PRODUCTO**

Dentro del análisis de operaciones se involucró revisar el diseño del producto; no asumir que el diseño planteado es el óptimo, este debe ser considerado que su manufactura resulte lo más económico posible, ya que dentro del diseño actual se podrían presentar oportunidades de mejora que afecten positivamente la

operación y el costo; dentro de este apartado es necesario considerar las siguientes actividades:

- Simplificar el diseño reduciendo el número de partes a fabricar, estandarizando el proceso, y permitiendo que los operarios realicen la misma labor con menos partes y menos oportunidades de cometer un error por olvido, no solo facilitando la manufactura sino también mejorando o manteniendo el costo.
- Mejorando el diseño del producto es posible reducir el número de operaciones y distancias.
- La mejora del diseño permite seleccionar y utilizar mejores materiales enfocados en facilitar el proceso, reducir los desperdicios y reducir el costo.
- La mejora del diseño involucra liberar tolerancias y apoyar la exactitud en las operaciones clave para ganar tiempo en procesos que no requieran exactitud y evitar desperdicios en aquellos que lo requieran (1).

### **3º. TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES**

Las tolerancias y especificaciones hacen referencia a la calidad del producto, cuales son los requerimientos para satisfacer la necesidad generada, es en este apartado donde entra el control

de calidad como parte del proceso productivo para mantener el control de dichas especificaciones.

Se deben analizar si las tolerancias están muy abiertas o son muy restrictivas; en tolerancias demasiado abiertas, podrían provocar que los productos no cumplan las especificaciones fijadas, y que se incrementen los desperdicios o se requieran de procesos adicionales para su control o corrección, y en el caso de tolerancias restrictivas, se producen cuando se quiere asegurar que se cumplan las especificaciones, esto provocaría que el proceso pueda tener mayores tiempos de operación, o mayor control e inspección en los mismos, evitando los desperdicios pero provocando un incremento en los costos de operaciones (1).

Las tolerancias deben ser justas para cumplir las especificaciones planteadas, para controlarlos debería establecerse algún control estadístico.

Con un adecuado planteamiento de tolerancias, se pueden reducir los costos por desperdicios, por inspección, por mantenimiento y

correcciones y se pueden presentar productos de acuerdo a la calidad fijada.

#### **4º. MATERIALES A UTILIZAR EN EL PRODUCTO**

Actualmente el mercado ofrece variedad de materiales y siempre es necesario analizar si hay alguno que permita mejorar costos, eficiencias en los procesos y calidad en el producto. En esta idea la selección de materiales se enfoca utilizando los siguientes criterios:

- Encontrar un material menos costoso sin que esto implique afectar el desarrollo de las operaciones.
- Encontrar un material más fácil de procesar que está ligado directamente con la calidad del proveedor.
- Usar materiales de manera más económica que involucre mantener la menor cantidad de desperdicios posibles.
- Usar materiales de desecho generados en el proceso buscando su reutilización o uso como responsabilidad social y beneficio económico de la organización.
- Estandarizar los materiales permite negociar volúmenes de escala, y disponer de mejor manera los lugares de almacenamiento.

- Encontrar el mejor proveedor respecto a precios y disponibilidad (1).

## **5º. PROCESO DE MANUFACTURA**

Los procesos actuales involucran una gran relación entre máquinas, equipo y personas, ganando en tiempos y productividad, sin embargo algunos procesos siguen predominando la mano de obra en la ejecución de sus actividades, y en cualquiera de ambos casos se puede desarrollar un estudio de ingeniería de métodos.

El análisis se enfoca en 2 puntos, la plantación del proceso productivo y el control de inventarios a lo largo de la cadena de producción; para ello se consideran los siguientes elementos:

- Reorganizar las operaciones combinando procesos, buscando reducir tiempos de procesamiento y costo de la operación, ni que genere desperdicios.
- Mecanizando las operaciones manuales, en actividades que impliquen alto volumen de producción o un alto esfuerzo físico, buscando reducir tiempos y costo de operación.

- Utilizar las instalaciones mecánicas existentes de forma más eficiente.
- Operar de forma más eficiente las operaciones mecánicas existentes, determinando su impacto en tiempos de operación y costo del proceso.
- Usar robots en casos de producción masiva durante largo períodos de trabajo en un tiempo que justifique la inversión realizada (1).

## **6°. PREPARACIÓN Y HERRAMIENTAS**

Este apartado considera las herramientas necesarias y cantidades para la efectiva operación del proceso, considerando su utilización a su máxima capacidad; también considera los tiempos de preparación, previo y posterior al inicio de producción.

La cantidad de herramientas útil para el desarrollo de la operación se determina considerando los siguientes aspectos:

- La cantidad de producción puede determinar la cantidad de herramientas necesarias si están involucradas directamente.

- Lo repetitivo del negocio maximizando la utilización de herramientas, evitando herramientas que no van a ser utilizadas más de una vez.
- La mano de obra disponible capacitada para utilizarlas, evitando tener herramientas sin personal capaz de usarlas.
- Los requerimientos en plazos de entrega asegurando la cantidad de herramientas suficientes para satisfacer la entrega y la calidad exigida.
- El capital necesario de inversión, sin el capital suficiente para inversión, se convierte en factor limitante de cantidad (1).

Respecto a los tiempos de preparación, estos incluyen: obtener las herramientas, equipos y vestimenta requerida, el adecuamiento del área de trabajo, la limpieza del área de trabajo y la devolución de los implementos solicitados al final de la jornada en caso de ser requerido. Estos tiempos deben ser considerados dentro del estudio, ya que pueden ser críticos cuando su relación con el tiempo disponible de trabajo es alta. La meta es reducir los tiempos de preparación maximizando los tiempos disponibles para producción, las recomendaciones para reducir y mantener al mínimo estos tiempos son los siguientes:



- La materia prima cumpla especificaciones evitando para evitar reprocesamiento.
- Herramientas en buen estado evitando cortar ciclos de producción y disponiendo de herramental sustituto para fallas.
- Dispositivos disponibles y en buen estado con programas de mantenimiento básico.
- Las tareas y trabajos que pueden realizarse mientras los equipos operan, ampliando la utilización del personal.
- El uso de sujetadores más eficientes que permitan mejorar tiempos de operación y preparación.
- Eliminando ajustes de maquinarias permitiendo largos períodos de producción.
- Utilizando plantillas para evitar armar el producto, proceso o maquinaria en cada corrida (1).

## **7°. MANEJO DE MATERIALES**

El manejo de materiales corresponde a los movimientos que realizan los mismos en la cadena de producción, asegurando su calidad (control y protección) hasta su punto de utilización o almacenamiento.

Para que el movimiento de materiales sea el adecuado, se debe considerar los desplazamientos, los tiempos de disponibilidad, el lugar de disponibilidad, las cantidades requeridas y el espacio necesario.

Para el manejo de materiales se plantean las siguientes actividades generales:

- Utilizar mecanismos que reduzcan el tiempo destinado a recoger el material, que en el caso manual es el más costoso en el largo plazo.
- Usar equipos mecanizados o automatizados para transporte, siempre y cuando el aporte sea en reducir tiempos de procesamiento y su costo no sea una barrera de implementación.
- Utilizar las instalaciones y equipos existentes para manipulación y transporte de material.
- Mejorar el manejo de materiales, evitando que estos sean fuente de desperdicios (1).

## 8°. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de la planta tiene como finalidad encontrar el modelo, diseño y ubicación de procesos que nos permita procesar la cantidad de productos requerida, cumpliendo especificaciones de calidad y manejando o controlando el costo al mínimo. Además que el operario tenga fácil acceso visual con las operaciones, productos o máquinas que interactúan directamente con él, considerar un adecuado diseño de la estación de trabajo que cuide la salud y seguridad del operario pero que permita maximizar la producción sin descuidar los niveles de calidad ni afectar procesos subsiguientes, y finalmente tomar en cuenta un almacenamiento eficiente de productos, que permita minimizar el espacio físico ocupado por los mismos, que preserve la calidad de los productos y que no ponga en riesgo la seguridad del personal.

Para el análisis de la distribución de la planta se utilizan los siguientes enfoques:

- **Tipo de distribución:** Los tipos de distribución van asociados con el recorrido del material por los puestos de trabajo, los más utilizados son: en línea o por producto, por proceso o funcional, por celdas, y por posición fija.

En la producción en línea la maquinaria y herramientas están dispuestas una a continuación de otra, es utilizada en producciones en masa con líneas de montaje, puede ser manual o automatizada, minimiza distancias de recorrido y reduce costos por manejo y transporte de materiales.

En la producción funcional se realiza el agrupamiento de labores similares, en la cual los materiales se movilizan de un área a otra de acuerdo a su necesidad, minimiza el movimiento interdependiente, entre sus ventajas se destacan: apariencia de limpieza y orden, fácil capacitación del operario, facilidad de contar con supervisores calificados, permite el paso del producto solo por las operaciones requeridas.

La producción en celdas es una combinación de la producción por proceso y por producto, consiste en agrupar máquinas diferentes en grupos, con el objeto de obtener productos con necesidades específicas, entre sus ventajas: permite mejorar el equipo de trabajo, ya que un grupo es el responsable de ciertos productos, facilita la especialización del operario al tener una menor variedad de productos en cada celda, probable menor manejo de materiales ya que se concentra en un sector.

La distribución por posición fija es aquella en la cual el producto no se moviliza, permanece estacionario, mientras quienes se

mueven a lo largo de su desarrollo son los operarios y máquinas, es utilizado por problemas de peso o de tamaño del producto, entre sus ventajas tenemos: que garantiza la calidad del producto al no manipularlo, fácil distribución del espacio físico destinado para la actividad (2).

- **Gráficas de recorrido:** Previo al diseño de la nueva instalación o de corregir la anterior, es necesario disponer de información respecto al proceso actual, que nos ayude a diagnosticar posibles problemas o dificultades en las iteraciones entre los procesos, y la misma consiste en una matriz de relaciones entre las unidades a movilizar entre las diversas áreas (2).

- **Plantación del sistema de la distribución de Muther:** Conocido como “Planeación sistemática de la distribución”, consiste en encontrar aquellas área con mayores interrelaciones para poder ubicarlas contiguas; este procedimiento consta de seis pasos:

**1) Relaciones en la gráfica:** Consiste en la graficación del Diagrama de Relaciones, donde se cualifica el grado de cercanía requerido para cada una de las actividades, estos valores en el diagrama se califican de acuerdo a la siguiente tabla de valores:

**TABLA 1**  
**CLAVES DE PRIORIDAD EN TABLA DE RELACIONES**

RELACIÓN	CALIFICACIÓN DE CERCANÍA	VALOR	LÍNEAS DE DIAGRAMA	COLOR
Absolutamente necesaria	A	4	4 rectas	Rojo
Especialmente importante	E	3	3 rectas	Amarillo
Importante	I	2	2 rectas	Verde
Ordinario	O	1	1 recta	Azul
No importante	U	0	Sin línea	Ninguno
No deseable	X	-1	Quebrada	Café

**Fuente:** Instalaciones de manufactura, D.R. Sule, pág. 442

**2) Requerimientos de espacio:** Es definir el área física que va a requerir cada operación, basada en condiciones actuales de operación, necesidades de expansión actual y a futuro, necesidades legales, la cercanía a servicios; además definir si el área tiene formas o es de un tipo especial.

**3) Diagrama de relaciones de las actividades:** Consiste en representar visualmente las actividades y sus relaciones, colocando en el centro la que mayor relaciones tenga, y agrupando cada actividad de acuerdo al nivel de relaciones que tenga, se debe procurar alejar lo más posible aquellas cuya calificación sea no deseable (-1), no se deben cruzar muchas líneas que puedan dar origen a confusiones.

**4) Distribución según la relación de espacio:** Consiste en representar gráficamente y a escala las áreas en un esquema de acuerdo a sus relaciones, acoplado al espacio

físico disponible de planta, las mismas que pueden ser reubicadas de acuerdo a necesidades mayores como cercanía a puntos fijos de la planta (tomas de agua, motores, etc.), necesidades de transporte (puentes grúa, brazos fijos de carga), vías de transporte, etc.

**5) Evaluación de arreglos alternativos:** Consiste en verificar la idoneidad de modelos alternativos, evaluando: posibles expansiones futuras, efectividad del flujo de materiales, flexibilidad, seguridad, entre otros. Con lo cual es necesario calificar los arreglos posibles y evaluarlos para seleccionar el que tenga un mejor cumplimiento, utilizando la escala de Muther, en la cual el valor más alto es el que más satisface las necesidades de organización en la planta.

**6) Distribución seleccionada e instalación:** Este paso corresponde a la implementación del nuevo método.

## **9º. DISEÑO DEL TRABAJO**

El diseño del trabajo comprende el entorno, interacción y medio en el cual el trabajador va a desarrollar sus actividades; con la constante evolución y cada vez mayor preocupación por la salud del trabajador, este apartado se lo puede clasificar así:

**Principios de la economía de movimientos:** Tienen como objetivo diseñar el trabajo dentro de las capacidades humanas; se consideran tres grupos básicos: uso del cuerpo humano, condiciones del lugar de trabajo, y diseño de herramientas y equipo, detallados a continuación:

- Mientras mayor fuerza requieran las tareas, deben realizarse en posiciones óptimas, dependiendo del tipo de trabajo a realizar.
- Es posible obtener la máxima fuerza en situaciones de reposo o movimientos muy lentos, mientras que en acciones rápidas, la fuerza es considerablemente reducida.
- Estaciones y condiciones de trabajo que permitan dejar una herramienta o material y tomar otra inmediatamente, además es necesario aprovechar los movimientos hacia abajo que son ayudados por la gravedad.
- Utilizar adecuadamente la capacidad de la fuerza humana considerando las capacidades humanas físicas, estas dependen de 3 factores: el tipo de fuerza a realizar (estática o dinámica), el músculo que se usa y la postura (de pie, sentado de pie o sentado); en periodos prolongados se realizan otras



consideraciones, tomando en cuenta que no es posible mantener una fuerza estática durante 8 horas de trabajo.

- Para cargas pesadas apoyarse en los músculos más grandes como de las piernas y el tronco, los músculos más débiles hay que dejarlos para actividades que requieran menos esfuerzo.
- Permanecer 15% debajo de la fuerza máxima voluntaria, manteniendo largos períodos de trabajo.
- Usar ciclos de trabajo-reposo intermitentes, frecuentes y cortos para recuperar energía en actividades que impliquen el continuo uso muscular.
- Diseñar tareas para que la mayoría de los trabajadores puedan realizarlas, y en base a los mismos establecer el personal requerido para realizarlas.
- Se requiere poca fuerza para movimientos precisos o control motriz fino.
- No realizar movimientos precisos o de control fino después del trabajo pesado, ya que al realizar trabajos pesados se utilizan mayores unidades motoras, las cuales al término del mismo pueden estar fatigadas.
- Procurar el inicio y terminación de movimientos con ambas manos al mismo tiempo.

- Realizar Movimientos simétricos y simultáneos de ambas manos desde y hacia el centro del cuerpo.
- Utilizar el ritmo natural del cuerpo, de movimiento de los segmentos del cuerpo humano que se asemejan a un sistema masa-resorte-amortiguador, en base a los cuales, Drillis sugirió tiempos de trabajo óptimos para las siguientes tareas:

**TABLA 2**  
**RENDIMIENTO SUGERIDO PARA TAREAS MANUALES COMUNES**

ACTIVIDAD	VECES	UNIDAD
Limado de metal	60 - 78	Pasadas por minuto
Cortes	60	Pasadas por minuto
Palanca con la mano	35	Revoluciones por minuto
Palanca con la pierna	60 - 72	Revoluciones por minuto
Palear	14 - 17	Paleadas por minuto

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 143

- Utilizar movimientos curvos continuos antes que los movimientos rectos que requieren abruptos cambios de dirección disminuyendo el ritmo.
- Trabajar con manos y pies al mismo tiempo si la operación lo permite.
- Minimizar la utilización de la vista fija para reducir la fatiga en los ojos (1).

Al finalizar el análisis de movimientos es importante evaluar la carga calórica empleada por cada actividad física, a través de la carga estática y carga dinámica; para determinar el consumo energético se consideran las siguientes cargas:

- El consumo energético por el metabolismo basal, es decir el mínimo consumo de energía que requiere el cuerpo humano.
- La carga estática es referida al consumo energético de acuerdo a la postura en la que es realizada el trabajo.
- La carga dinámica es referida de acuerdo al consumo energético por el tipo de desplazamiento o en función de la velocidad y movimiento del mismo (3).

En este caso el consumo energético se determinará a través de tablas de valor estándar.

**Principios ergonómicos del lugar de trabajo y diseño de herramientas:** El objetivo de esta sección es adecuar el puesto de trabajo a las personas, con posibilidad de ajustes y minimizando las repeticiones, lo cual se ve en 3 grandes grupos: antropometría y diseño, principios de diseño del lugar de trabajo y principios de diseño de máquinas y equipo.

**Antropometría y diseño:** Al diseñar un puesto de trabajo se busca que se ajuste a la mayoría de las personas calificadas para la labor en cuanto a medidas estructurales del cuerpo, la antropometría como ciencia que se encarga de medir el cuerpo humano sirve de soporte para realizar un diseño adecuado, de acuerdo a 3 categorías:

- **Diseño para extremos:** Busca asegurar que en una labor específica la mayoría de la población sea capaz de realizarla, usando los percentiles 5 o 95 para cubrir esa población.
- **Diseño ajustable:** Busca que las condiciones de trabajo se puedan adaptar entre el percentil 5 de las mujeres y el percentil 95 de los hombres, el problema son los costos de implantación en que se pueden llegar a incurrir.
- **Diseño para el promedio:** Es el menos costoso y menos utilizado, se diseña para el percentil 50 de la población lo cual no es práctico ya que gran parte de la población no tendrá problemas y la otra mitad no llegará a realizar la tarea o la realizará con dificultad (4).

**Principios de Diseño del lugar de trabajo:** Hacen referencia a todas aquellas consideraciones básicas en el puesto de trabajo, y se describen a continuación:

- Determinar la altura de la superficie de trabajo según la altura del codo.
- Ajustar la altura de la superficie de trabajo según la tarea que se realiza.
- Alentar la flexibilidad en la postura.
- Localizar todas las herramientas y materiales dentro del área normal de trabajo.
- Localizaciones fijas para todas las herramientas y materiales que permitan la mejor secuencia.
- Arreglo óptimo de herramientas, controles y otros componentes para minimizar los movimientos (4).

**Principios de Diseño de máquinas y equipo:** Esta sección nos muestra las consideraciones para diseñar el trabajo, basándose en las máquinas y equipos a utilizar:

- Usar dispositivos en lugar de sostener con la mano.

- Localizar todos los dispositivos de control con la mayor accesibilidad y capacidad de fuerza para el operario.
- Usar códigos de forma, textura y tamaño para los controles.
- Usar tamaño, desplazamiento y resistencia de control adecuados (4).

**Principios de diseño de herramientas:** Esta sección presenta las consideraciones más importantes en el diseño de trabajo en la interacción del operario con las herramientas.

- Usar agarre con fuerza en tareas que requieran fuerza y agarre con contracción en tareas que requieran precisión.
- Evitar carga muscular estática prolongada.
- Realizar los movimientos de giro con los codos doblados.
- Mantener la muñeca derecha.
- Evitar compresión de tejidos.
- Diseñar herramientas para usar con cualquier mano y por la mayoría de los individuos.
- Evitar acciones repetitivas de los dedos.
- Usar los dedos más fuertes para el trabajo.

- Diseñar diámetros de agarraderas para agarres con fuerzas de 3.8 centímetros.
- Diseñar agarraderas con longitud mínima de 10 centímetros.
- Diseñar un espacio de agarre de 7.6 centímetros en herramientas para dos manos.
- Diseñar de manera adecuada las formas de los mangos.
- Diseñar superficies de agarre compresibles y no conductoras.
- Mantener el peso de la herramienta menor que 5 libras.
- Uso razonable de guantes (4).

**Condiciones de trabajo:** Las condiciones de trabajo consideran todos aquellos factores que afectan la labor del operario en el medio en que se desenvuelve; buscando que no sea una barrera, y que al contrario garantice el desempeño efectivo del personal en sus actividades; estas condiciones son agrupadas y analizadas así: iluminación, ruido, temperatura, ventilación y vibración.

**Iluminación.** La iluminación puede ser crítica dependiendo del tipo de actividad a realizar, ya que es el primer contacto del operario con el material y entorno de trabajo; los factores que se analizan para determinar la iluminación adecuada son: visibilidad

(claridad para observar los objetos), iluminancia (cantidad de luz en un área), fuentes de luz (origen o tipo de luz empleada), distribución de la luz (formas en que se colocan las luminarias), reflejo (brillo excesivo en el campo visual) y color (1).

**TABLA 3**  
**VALORES PARA ILUMINACIÓN EN INTERIORES**

ILUMINANCIA EN INDUSTRIAS DE CEMENTO, HORMIGÓN, LADRILLOS			
ACTIVIDAD	Iluminancia mantenida (lx)	Índice de deslumbramiento máximo	Reproducción cromática mínimo
Secado	50	28	20
Preparación, horno, mezcla	200	28	40
Trabajo en máquinas, encofrado	300	25	80

Fuente: Norma UNE 12464-1

**TABLA 4**  
**RENDIMIENTOS DE FUENTES DE LUZ ARTIFICIAL**

TIPO DE LUMINARIA	EFICIENCIA (LX/W)	RENDIMIENTO DE COLOR	COMENTARIOS
Incandescente	17 - 23	Bueno	De uso común pero menos eficiente. Costo de lámparas bajo, vida útil bajo por debajo de menos de un año
Fluorescente	50 - 80	De aceptable a bueno	Eficiencia y rendimiento varían con el tipo de lámpara. Es posible reducir significativamente el costo de consumo, vida útil entre 5 a 8 años
De mercurio	50 - 55	De muy deficiente a aceptable	Tienen una vida útil larga de 9 a 12 años pero su eficiencia decrece de manera importante con el tiempo
De haluro metálico	80 - 90	De aceptable a moderado	Rendimiento adecuado, vida útil de 1 a 3 años
De sodio a alta presión	85 - 125	Aceptable	Muy eficiente, vida útil de 3 a 6 años en promedio, con un encendido de 12 horas día
De sodio a baja presión	100 - 180	Deficiente	La más eficiente, vida útil de 4 a 5 años con 12 hora de encendido día

Fuente: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 239



**Ruido.**\_ Corresponde a la cantidad de sonido que exceda las condiciones normales de trabajo; el cuerpo humano tiene la capacidad de escuchar sonidos con frecuencia entre los 20 y 20000 Hz, como medida de lectura del sonido se usan los decibeles; los problemas de audición se empiezan a presentar cuando la persona está expuesta a sonidos con frecuencias entre los 2400 y 4800 Hz, generalmente ruidos fuertes molestan y distraen al operario; para el efectivo desempeño la OSHA ha generado una tabla que presenta los niveles de sonidos aceptables de acuerdo a la duración del trabajo (1).

**TABLA 5**  
**EXPOSICIONES PERMISIBLES AL RUIDO**

<b>NIVEL DE RUIDO (dBA)</b>	<b>TIEMPO PERMISIBLE (horas)</b>
80	32
85	16
90	8
95	4
100	2
105	1
110	0,5
115	0,25
120	0,125
125	0,063
130	0,031

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 441

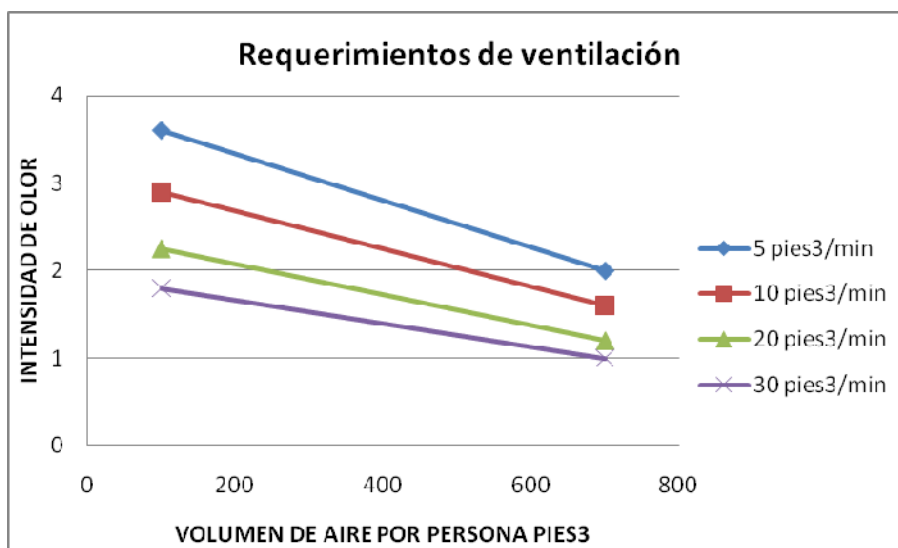
Además de las condiciones de ruido se toman en cuenta los siguientes aspectos: dosis de ruido (exposición a niveles de sonido

superiores a 80 dB), efectos en el desempeño, control de ruido y protección del oído.

**Temperatura.\_** Es el ambiente calorífico en el cual se desenvuelve el operario, la mayoría de las veces impuesto por las condiciones de la operación y requerimientos de los materiales (metales en ambientes calientes, alimentos en ambientes fríos). Cuando la temperatura excede en caliente al comportamiento normal del cuerpo humano, es necesario buscar los mecanismos que permitan aislar o reducir el calor en el ambiente; cuando el ambiente sea frío, se busca que el operario mantenga el calor corporal ya sea aislando la fuente de frío o dotando al operario de los equipos que lo asistan (1).

**Ventilación.\_** En cualquier actividad con la intervención de máquinas, equipos y personas el aire en el lugar que se encuentran se empieza a viciar, para lo cual se recomienda renovar ese aire, usando mecanismos de ventilación; para esto se debe definir si el área a ventilar tiene un enfoque general, local o puntual. En el general es necesario ventilar toda el área en requerimientos de metros cúbicos de aire fresco requerido por persona, en el local un lugar en específico se analiza el requerimiento de aire fresco y la utilización de ventiladores lo más cercano al lugar requerido, en el enfoque puntual se refiere a

puntos del trabajo que generan el excesivo vicio del aire, como hornos, calderas, etc. Para esto se buscan mecanismos directos de ventilar al operario. A continuación se muestran los requerimientos de ventilación generales en base al área ocupada por persona y el índice de olores (1).



**Figura 2.1. Requerimiento de ventilación según volumen de aire disponible**

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 256

**Vibración:** Las vibraciones en períodos prolongados o intensidades fuertes pueden causar malestares en los órganos o tejidos del cuerpo humano, y dependen fundamentalmente el área o parte del cuerpo que afectan, las oscilaciones y vibraciones tienden a amortiguarse en posición de pie, ya que las piernas absorben parte de esas vibraciones; en períodos largos de exposición a la vibración, el cuerpo empieza a tolerar menos. Las

vibraciones se pueden disminuir con el adecuamiento de los equipos o herramientas fuente de la vibración o con la implementación de equipos o implementos que permitan reducir el impacto directo de la vibración en el cuerpo (1).

## **2.2. ESTUDIO DE TIEMPOS**

Una técnica para la medición del trabajo es el estudio de tiempos que implica un alto detalle y valoración individual del trabajo. La medición del trabajo presenta las siguientes ventajas en el ámbito industrial:

- Establecer estándares de tiempo que permitan programar la producción en los niveles deseados, y ajustar las capacidades requeridas por estación de trabajo a las capacidades requeridas de producción.
- Medir el desempeño del personal contra sus tasas de producción y la aplicación de sistemas de remuneración e incentivos basados en la producción.
- Comparar el desempeño del proceso a través del tiempo y contra procesos similares de otras organizaciones (2).

## **REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS**

En los requerimientos iniciales se considera el personal y las actividades a estudiar, en las actividades deben ser estandarizadas en todos sus puntos y procurar mantener material suficiente para que no se agote durante el estudio, a menos que las condiciones mismas del estudio incluyan tiempos de reposición de material. Respecto a las personas deben escogerse operarios familiarizados y capaces para las operaciones citadas, y todos deben estar consientes del estudio que se va a realizar; los actores del estudio de tiempo se detallan a continuación.

- El analista del estudio debe ser mantenerse imparcial y tener experiencia o antecedentes del proceso a estudiarse, controla los tiempos y establece las condicionantes y variables que afectan la labor.
- El supervisor informa previamente al personal la actividad a realizarse y selecciona al personal competente en la labor a realizarse, que utilicen los métodos acordados para el estudio, además debe mantener los equipos y herramientas en óptimas condiciones.

- El sindicato o agrupación de trabajadores debe vigilar que los procesos examinados sean los adecuados así como se examinen todas las condiciones de operación.
- El operario seleccionado debe trabajar a un ritmo normal bajo el procedimiento establecido, evitando introducir actividades fuera de la rutina (2).

### **HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS**

Para lograr la medición del trabajo el analista debe contar con un mínimo de herramientas que lo soporten, en este estudio se utilizarán:

- Cronómetro digital, con mediciones por intervalos de tiempo.
- Registro de información donde se asentará la información.

### **ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS**

Los elementos del estudio de tiempos son las decisiones iniciales que tomará el analista de tiempos con miras a plantear el caso de estudio, las cuales se detallan a continuación:

- 1) La elección del operario realizado por el analista y supervisor, quien debe ser una persona lo suficientemente capacitada y

que procure desenvolverse en un rango promedio de desempeño.

- 2) El analista debe registrar toda la información que pueda ser significativa para el estudio, que involucre máquinas, herramientas, operaciones, materiales, condiciones de trabajo, para ayudar a determinar si se realiza bajo condiciones normales o requiere ajustes.
- 3) El observador debe mantenerse al margen de la operación evitando cualquier distracción al operario durante el estudio y con un campo visual que le permita captar la mayor cantidad de detalles posibles.
- 4) Para facilitar y entender el estudio, es necesario dividir las actividades en elementos fáciles de visualizar o identificar, que no sacrifiquen la exactitud del estudio que debería ser de 0.02 minutos máximo (2).

### **INICIO DEL ESTUDIO**

Cuando se inicia el estudio es necesario tomar la hora de inicio y después de eso iniciar el cronómetro; para ello se pueden utilizar cualquiera de 2 técnicas para medir el tiempo: de regresos a cero o continuo, en este estudio se utilizará la medición continua con un

cronómetro de medición por intervalos de tiempo. En el inicio del estudio se debe considerar el manejo de dificultades que se pueden presentar, y determinar el número de ciclos que se van a estudiar.

### **MÉTODO CONTINUO**

En el método continuo el cronómetro toma el tiempo completo del ciclo de estudio, con las paradas de tiempo en las medidas de cada elemento de la actividad; esto permite incluir cualquier elemento extraño o retraso que se pudiese generar durante el desarrollo del trabajo.

### **MANEJO DE DIFICULTADES**

Durante el desarrollo del estudio pueden presentarse complicaciones que no estaban esperadas durante la planeación del estudio, las cuales se irán detallando a continuación.

Si por algún motivo no se tomó la medida de algún elemento, es deseable que se marque en el estudio con una F, para registrar que ese tiempo no fue medido y por tanto no inducir o inferir el valor faltante que podría afectar el estándar de tiempo.



Si en el desarrollo de la actividad el operario suprimió algún elemento, se marca con un guión horizontal; aunque esto ocurre con operarios poco calificados, que no cuenten con la suficiente experticia o en un método no estandarizado; si el problema persiste continuamente, es deseable que se detenga el estudio y se verifique el método utilizado, y se estandarice si es requerido o se seleccione un operario mejor calificado.

Ocasionalmente durante el desarrollo de la actividad, se pueden presentar interrupciones al trabajo, ocasionadas por diversas fuentes, sean estas la salida de un operario al baño, a beber agua, la interrupción por parte de otra persona, una herramienta que se cae, etc. Tales elementos se conocen como extraños al estudio, y se deben medir sus tiempos y en la hoja hacer una breve descripción de los mismos y su duración para que sean eliminados del estudio.

### **CICLOS DEL ESTUDIO**

La cantidad de ciclos a estudiar depende mucho de las actividades a realizar así como del tiempo que emplean, la General Electric ha

desarrollado una tabla que se puede emplear como guía aproximada para seleccionar la cantidad de ciclos a ser observados y se presenta a continuación:

**TABLA 6**  
**NÚMERO RECOMENDADO DE CICLOS DE OBSERVACIÓN**

Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
40,00 o más	3

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 393

Con esta tabla se procederá a determinar la cantidad de ciclos requeridos de estudio por cada actividad del proceso (1).

### **CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL OPERARIO**

En el estudio de tiempo es necesario calificar el desempeño del operario para ajustar el tiempo obtenido a un tiempo normal, el cual consiste en el tiempo que puede lograr una persona calificada en condiciones normales de trabajo a un ritmo normal durante toda la jornada; cualquier variante de este tiempo debe ser ajustado

hacia abajo o hacia arriba dependiendo del tipo de actividad valorada.

Cuando se realiza la evaluación del desempeño del operario se sugiere que se le comunique, de tal manera que exprese su opinión al respecto, y que al presentar los resultados se muestre como un acuerdo.

Para la realización de este proyecto se ha seleccionado al sistema Westinghouse para evaluar el desempeño (2).

### **EL SISTEMA WESTINGHOUSE**

El sistema Westinghouse desarrollado por la empresa del mismo nombre es uno de los más utilizados generalmente, en el cual se evalúa al operario dentro de cuatro categorías: Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Resistencia.

La habilidad se presenta como el grado de competencia que presenta el operario para una actividad designada, generalmente aumenta con el tiempo dada la familiarización de la persona con el

trabajo y el ritmo impuesto, siendo afectado por impedimentos físicos o psicológicos. Se plantea la medición en seis grados de habilidad: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior, las valoraciones de cada uno se presentan a continuación:

**TABLA 7**  
**VALORES DE CALIFICACIÓN DE HABILIDADES DE WESTINGHOUSE**

TIPO	GRADO	CALIFICACIÓN
Superior	A1	+ 0,15
Superior	A2	+ 0,13
Excelente	B1	+ 0,11
Excelente	B2	+ 0,08
Bueno	C1	+ 0,06
Bueno	C2	+ 0,03
Promedio	D	0,00
Aceptable	E1	- 0,05
Aceptable	E2	- 0,10
Malo	F1	- 0,16
Malo	F2	- 0,22

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 415

El esfuerzo es la forma en que el operario demuestra la predisposición y voluntad que tiene para realizar la actividad asignada efectivamente, es una cualidad que va ligada con la velocidad de la operación y que el operario puede afectar totalmente. Este método califica el esfuerzo en las seis categorías: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, con los valores como se detalla a continuación:

**TABLA 8**  
**VALORES DE CALIFICACIÓN DE ESFUERZO DE WESTINGHOUSE**

TIPO	GRADO	CALIFICACIÓN
Excesivo	A1	+ 0,13
Excesivo	A2	+ 0,12
Excelente	B1	+ 0,10
Excelente	B2	+ 0,08
Bueno	C1	+ 0,05
Bueno	C2	+ 0,02
Promedio	D	0,00
Aceptable	E1	- 0,04
Aceptable	E2	- 0,08
Malo	F1	- 0,12
Malo	F2	- 0,17

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 416

Las condiciones que son evaluadas en este método son aquellas que afectan directamente al operario, generalmente evaluadas a través de la temperatura, ventilación, luz y ruido en que se desenvuelven. Las condiciones son evaluadas en seis categorías: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente e ideal con los valores como se detallan a continuación:

**TABLA 9**  
**VALORES DE CALIFICACIÓN DE CONDICIONES DE WESTINGHOUSE**

TIPO	GRADO	CALIFICACIÓN
Ideal	A	+ 0,06
Excelente	B	+ 0,04
Bueno	C	+ 0,02
Promedio	D	0,00
Aceptable	E	- 0,03
Malo	F	- 0,07

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 416

El último factor considerado en este estudio es la consistencia con que el operario realiza la labor, que va muy ligado con los tiempos en que desarrolla cada actividad del estudio, en tiempos de ciclo cortos es muy común que el trabajo presente mayor consistencia, pero generalmente hay algún tipo de diferencia debido a diferentes variables; este factor se califica en seis categorías: mala, aceptable, promedio, buena, excelente y perfecta y a continuación se presentan sus respectivos valores:

**TABLA 10**  
**VALORES DE CALIFICACIÓN DE CONSISTENCIA DE WESTINGHOUSE**

TIPO	GRADO	CALIFICACIÓN
Perfecta	A	+ 0,04
Excelente	B	+ 0,03
Buena	C	+ 0,01
Promedio	D	0,00
Aceptable	E	- 0,02
Mala	F	- 0,04

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 417

Posteriormente a que se hayan evaluado las cuatro categorías de este sistema, se procede a realizar la suma aritmética de los cuatro valores y se les agrega el valor de 1, con lo cual se obtiene el factor de desempeño. Es necesario recordar que esta evaluación solo aplica para procedimientos manuales, ya que aquellos en que intervengan solamente máquinas son evaluados al 100%, y para aquellas actividades que impliquen la evaluación

de un equipo de trabajo se tomará la menor calificación de desempeño de los integrantes del equipo (2).

### **APLICACIÓN DE LA CALIFICACIÓN**

Después de que se haya realizado el cálculo del factor de desempeño, este afectará directamente al tiempo observado de la siguiente manera (6):

Tiempo Normal = Tiempo Observado x Calificación del  
operario/100

$$TN = TO \times C/100$$

### **SUPLEMENTOS**

Una vez obtenido el tiempo normal es necesario considerar agregarle tiempo adicional o suplementos, los cuales debido a la naturaleza del estudio de tiempo pueden no haber sido detectados durante su medición, y por ende afectarán finalmente en el rendimiento del operario, estos se originan por necesidades personales, fatiga, preparación, etc.

Los suplementos son agregados dependiendo del origen del mismo, y estos se clasifican de la siguiente manera:

- Suplementos constantes.
- Suplementos por fatiga variable.
- Suplementos especiales.

### **SUPLEMENTOS CONSTANTES**

Se consideran suplementos constantes aquellos que siempre deberían estar incluidos en establecer estándares de tiempo, que involucren la relación directa de personas, ya que estas requieren satisfacer necesidades personales además del desgaste implícito durante la realización de la labor (1).

### **NECESIDADES PERSONALES**

Las necesidades personales consideran todas aquellas actividades dirigidas a mantener el bienestar en el empleado, entre ellas, la de hidratarse, o la de ir al baño.



Sobre esta base, se ha asignado un 5% de este suplemento para actividades de un taller típico, es decir trabajo mediano a una temperatura agradable (1).

### **FATIGA BÁSICA**

Representa a una constante que considera la energía consumida para llevar a cabo el trabajo y aliviar la monotonía.

Se ha recomendado asignar un 4% para operarios que realizan trabajo ligero, sentado y en buenas condiciones sin exigencias motrices especiales (1).

### **SUPLEMENTOS POR FATIGA VARIABLE**

Los suplementos por fatiga variable analizan todas aquellas condiciones más allá de las de fatiga constante. Esta fatiga se expresa a través de la disminución en la voluntad para realizar las actividades; estos suplementos se miden de acuerdo a las diversas condiciones presentadas en la operación y se detallan a continuación (1).

## **POSTURA ANORMAL**

La postura anormal considera como el operario está realizando la labor, que puede ser: sentado, de pie y agachado, de acuerdo a los estudios presentados por Chaffin y Herrin, 1978, que consideró a la posición de sentado como una postura básica que se puede mantener en periodos prolongados de tiempo, las otras se compararon respecto a esto y presentaron los siguientes suplementos:

- 2% para posición de pie
- 10% para posición agachado

## **FUERZA MUSCULAR**

La fuerza muscular es el suplemento el cual mide el esfuerzo empleado y lo suple con el tiempo de descanso para recuperación, después de aplicado el método de NIOSH para determinar la carga, se considera la utilización y medición del consumo de energía mediante la siguiente fórmula:

$$SD (f) = (\Delta W/4 - 1) \times 100\%$$

$\Delta W$ : Incremento en consumo de energía por trabajo,  $W - 1.33$   
(Kcal/min)

Esta medición de suplemento de descanso se realiza individualmente por persona por proceso de acuerdo a las actividades realizadas.

### **CONDICIONES ATMOSFÉRICAS**

Las condiciones atmosféricas pueden afectar la labor del operario de manera crucial si no ha sido estudiado, y si el trabajo se realiza en zonas de intenso calor. De aquí que en base al estudio de NIOSH que emplea la temperatura de bulbo húmedo se presenta la siguiente ecuación que determinará el suplemento para estas condiciones de trabajo:

$$SD (c) = e^{(-41.5 + 0.0161Wt \text{ Kcal/min} + 0.497 \text{ TGBH } ^\circ\text{F})}$$

### **NIVEL DE RUIDO**

El suplemento por exposición al nivel de ruido tiene su base de los niveles de ruido permisibles establecidos por la OSHA que se presentan en la tabla 5.

Utilizando los valores permisibles de ruido, se aplica la ecuación para medir la dosis de ruido del operario, que en caso de ser menor a uno indica que el operario puede tolerar en ese tiempo el nivel de ruido y no requiere un suplemento por ello, pero en caso de ser mayor a uno se deberá agregar un suplemento:

$$D_r = t_{r1}/t_{p1} + t_{r2}/t_{p2} + \dots$$

El suplemento de tiempo para el nivel de ruido se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$SD (r) = 100\% \times (D_r - 1)$$

### **NIVELES DE ILUMINACIÓN**

Los estudios de iluminación han demostrado que los valores presentados por el Internacional Labour Office (ILO) se asemejan bastante a la realidad con los siguientes suplementos:

- Un poco debajo de la recomendada SD (i) = 0 %
- Bastante menor que la recomendada SD (i) = 2 %
- Muy inadecuada SD (i) = 5 %

Para definir en que tipo de suplemento se encuentra se utilizarás las categorías de iluminancia por labor, ya que si excede lo requerido o iguala será hasta 0%, si está una categoría por debajo será 2 %, y si está dos o más categorías por debajo será 5 %, para considerar estos valores se utilizará la tabla adjunta:

**TABLA 11**  
**CATEGORÍA DE ILO DE ACUERDO AL NIVEL DE ILUMINACIÓN**

<b>ILUMINACIÓN (fc)</b>	<b>CATEGORIA DE ILO</b>	<b>SUPLEMENTO</b>
75	Recomendado	0%
50	Un poco debajo de lo recomendado	0%
30	Muy debajo de lo recomendado	2%
20	Muy debajo de lo recomendado	2%
15	Inadecuado	5%
10	Inadecuado	5%

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 443

### **TENSIÓN VISUAL, ESTRÉS MENTAL, MONOTONÍA Y TEDIO**

Adicionalmente a las categorías revisadas anteriormente, existen otros factores que afectan la labor del operario, y para las cuales se asignarán los suplementos de acuerdo al ILO, ya que no existen para los mismos otros estudios desarrollados que permitan asignar mejores suplementos, se describen a continuación:

- La tensión visual es referida por la precisión requerida en las tareas visualmente.
- La tensión mental es referida a la carga de trabajo mental requerida en las tareas.

- La monotonía es producto del uso repetitivo de algunas facultades mentales en la jornada de trabajo.
- El tedio es producto del uso repetitivo de algunos miembros del cuerpo en la jornada de trabajo.

**TABLA 12**  
**SUPLEMENTOS DE ACUERDO A CONDICIONES ESPECIALES**

<b>TENSIÓN VISUAL</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Suplemento</b>
Trabajo bastante fino	0%
Trabajo fino o preciso	2%
Trabajo muy bfino y muy preciso	5%
<b>ESTRÉS MENTAL</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Suplemento</b>
Proceso bastante complejo	1%
Atención compleja o amplia	4%
Muy compleja	8%
<b>MONOTONÍA</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Suplemento</b>
Nivel bajo	0%
Nivel medio	1%
Nivel alto	4%
<b>TEDIO</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Suplemento</b>
Algo tedioso	0%
Tedioso	2%
Muy tedioso	5%

**Fuente:** Métodos, estándares y diseño del trabajo, Niebel, pág. 443

### **SUPLEMENTOS ESPECIALES**

Los suplementos especiales son todos aquellos que no se relacionan directamente con la labor o condiciones, y que más bien tienen su fuente en acciones inesperadas normalmente dentro del ciclo de producción, y se detallan a continuación.

### **DEMORAS INEVITABLES**

Las demoras inevitables son aquellas que no se esperan dentro del ciclo de producción, generalmente no se pueden prever y ocasionalmente son necesarias, esto incluye interrupciones del supervisor, irregularidad con los materiales, o asignación múltiple de equipos para un operario, de acuerdo a como se presenten estas demoras al analista de tiempos, deben ser incluidas en el estudio y determinadas para su adición en el tiempo estándar de acuerdo a la ocurrencia y proporción con que se hayan presentado.

### **DEMORAS EVITABLES**

Las demoras evitables son aquellas que se originan por falta de culturización en el personal o por el no adecuado plan de mantenimiento de equipos que detengan las líneas de producción. No se asignan suplementos por estas demoras evitables y su aparición debe ser disminuida y erradicada.

## **SUPLEMENTOS ADICIONALES**

Los suplementos adicionales consideran elementos adicionales que ocasionalmente no son visibles en el estudio y que pueden tener un impacto directo y estos se dan generalmente con trabajo adicional que se genera dentro de la misma línea, estos generalmente son:

- Tiempo empleado en limpieza y lubricación de máquina: Estas actividades deben ser cubiertas por el estándar de tiempo, sin embargo si se concede un tiempo antes y después de la jornada para estas labores, este estándar es innecesario excepto para actividades de limpieza o lubricación requeridas mientras la línea funciona o para mantenerla operativa.
- Tiempo empleados en máquina, alimentación automática y herramientas: Que incluyen los tiempos cuando las herramientas necesitan una rectificación durante la corrida de producción debido a su desgaste natural y condiciones de operación, cuando las máquinas sufren una para, no se establece el tiempo dentro del estándar, sino que se lo maneja independiente.



## **SUPLEMENTOS POR POLÍTICA**

Los suplementos por política son establecidos entre los directivos y los operarios, en el cual se busca balancear el rendimiento diario y la satisfacción de los operarios, y además puede considerar otros factores como operarios nuevos, personas con discapacidades, etc. No existe una regla para definir estos suplementos y son consecuencia de las negociaciones directivo – operario.

## **APLICACIÓN DE LOS SUPLEMENTOS**

Los suplementos se aplican con la finalidad de agregar tiempo suficiente para que el operario que se define al inicio del estudio como un operario promedio con un desempeño normal sea capaz de cumplir el estándar de tiempo (6).

La aplicación del suplemento dentro del estudio para obtener el tiempo estándar se realiza de la siguiente manera:

$$TE = TN \times (1 + S)$$

### **2.3. BALANCE DE LÍNEA DE OPERACIONES DE MANUFACTURA**

Una vez definidas las condiciones adecuadas de operación y se tiene un tiempo estándar justo, se requiere que las actividades en el ciclo de producción sean balanceadas, de tal manera que sea posible obtener el máximo provecho en todas las estaciones de trabajo para la demanda esperada (7).

El objetivo del balanceo de línea es que cada operación se realice en el mismo tiempo, y que sean suficientes para cumplir con la demanda esperada o proyectada; prácticamente no es posible, ya que siempre habrá una fuga de tiempo en alguna operación por mínima que esta sea.

El problema que se busca satisfacer es la asignación adecuada de recursos de tal manera que la producción se mantenga continuamente y a las cantidades requeridas. Usualmente el ritmo de la operación es impuesto por la actividad más lenta, ya que siempre va a restringir las posteriores operaciones, y se vuelve crítico cuando ese ritmo está por debajo de la tasa requerida.

Para realizar un adecuado balanceo de línea son requeridas las siguientes condiciones:

- Se debe determinar la tasa de producción esperada.
- Dividir el proceso en operaciones y/o grupos.
- Identificar la secuencia de operaciones necesaria.
- Identificar el tiempo necesario por operación.

El procedimiento usualmente inicia con la selección del candidato de mayor tiempo, para el cual es necesario analizar las siguientes opciones en el orden indicado:

- Mejorar la operación existente.
- Si existe otra estación de trabajo, compartir la tarea, para que puedan ser producidas la misma cantidad y calidad de unidades por ambas.
- Si procesa una unidad completa, añadir una nueva estación de trabajo para aumentar capacidad.
- La utilización de operarios más capacitados, que puedan imponerle un ritmo mayor al normal.

- Si se trabaja una jornada completa, utilizar horas extras para suplir la necesidad esperada en las operaciones necesarias, siempre y cuando su costo sea menor a las opciones anteriores.
- Cambiar el diseño del elemento por uno más fácil, sencillo o rápido de procesar (7).

Cuando se han considerado todas las opciones anteriores, se continúa con el siguiente procedimiento:

- 1) Presentar la tarea en un esquema de nodos, en el cual se puedan visualizar las tareas, su interacción y el flujo del producto.
- 2) Calcular el tiempo de ciclo requerido, partiendo de la demanda esperada y el tiempo disponible por jornada de trabajo.
- 3) Presentar el tipo de tecnología a utilizar por actividad, así como el desempeño de cada actividad en velocidad de producción y minutos estándar por unidad de producción.
- 4) Calcular los minutos estándar por unidad de producción partiendo de los datos iniciales de los procesos de producción, es decir cuanto tiempo se requiere por producto terminado con el procesos más sencillo.

- 5) Entrar en la tabla seleccionando la actividad más restrictiva, la más alejada del tiempo estándar, y agregar recursos hasta superar el siguiente tiempo restrictivo.
- 6) Calcular la nueva necesidad de recursos, el total de minutos por unidad permitidos, así como la utilización teórica de la línea.
- 7) Regresar al paso 5 hasta superar el tiempo del ciclo requerido en el paso 2, se puede calcular tiempos posteriores si la utilización mejora (7).

A medida que se ha realizado el procedimiento se puede ir estimando la cantidad de unidades que se procesarán así como el costo unitario si se cuenta con los costos estimados por actividad.

#### **2.4. SIMULACIÓN DE PROCESOS**

El software que se va a emplear en el modelado del sistema propuesto es el Promodel, el cual se especializa en simulación de diferentes actividades: Manufactura, servicio, distribución, logística, etc.

El modelado que presenta el software permite inferir en el modo de operación que van a tener las actividades en la vida real, además de que su sistema gráfico y presentación de resultados son importantes en la toma de decisiones para la puesta en marcha y mantenimiento del producto (8).

Se debe definir al menos los siguientes ítems: Locaciones, entidades, arribos y proceso; además los recursos y rutas de acceso para completar la simulación, los cuales se detallan más adelante.

Inicialmente es necesario definir las propiedades bajo las cuales se va a realizar la simulación para lo cual se presenta la información General del mismo, con los parámetros básicos con los cuales se desarrollará la simulación; estos son el título de la simulación, unidad de tiempo, unidad de longitud, notas adicionales, gráficos a ser utilizados e instrucciones de inicio y finalización de la simulación.

Además el modelo de simulación requiere que se definan los siguientes puntos:

- **Locaciones:** Representan todas aquellas actividades fijas como puestos de trabajo o máquinas a través de los cuales se mueven las entidades.
- **Entidades:** Representan los elementos que reciben algún tipo de procesamiento en el sistema, como materiales en la cadena productiva.
- **Recursos:** Representan personas o máquinas que interactúan en el procesamiento de entidades, estos pueden ser recursos estáticos o dinámicos, pudiendo ser personas que realizan labores y máquinas y herramientas seleccionables en un puesto de trabajo.
- **Proceso:** Es la actividad en la cual se definen las reglas lógicas en las cuales las entidades se movilizan a través de las locaciones utilizando los recursos disponibles, para lo cual ya deben estar fijadas las locaciones, entidades y recursos.
- **Arribos:** Los arribos representan la tasa de llegada de entidades al sistema, sobre todo en el inicio y puesta de disponibilidad de material.

Con las propiedades definidas, el siguiente paso corresponde a la puesta en marcha de la simulación, para la cual previamente se

debe definir el tiempo de calentamiento de la línea, que es el tiempo en el cual la línea operativa llena sus stocks, previo al inicio de labores (8).

## **2.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD**

En procesos nuevos que además están siendo sometidos a mejora continua, entre los cuales se incluye el estudio de tiempos, es necesario evaluar el impacto económico de la operación, de acuerdo a los cuales se tomarán las decisiones definitivas para la implementación, ejecución y mantenimiento del proceso (9).

El análisis de estos resultados nos proyectarán que respuesta económica podemos recibir a través del tiempo, los indicadores que se utilizarán para la evaluación son: Valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), el período de recuperación de la inversión (PRI) y el análisis de sensibilidad.

Para realizar el análisis financiero del proyecto será necesario presentar los costos generados y asociados a los siguientes grupos:

- Materiales directos.



- Mano de obra directa.
- Costos indirectos de fabricación.

Una vez presentados los rubros de costos de fabricación, es necesario establecer el valor estimado de utilidad por unidad de producción, que es la que estimará los valores posteriores en el análisis financiero.

### **VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

El VAN consiste en actualizar los valores esperados en el flujo de inversión del proyecto en el tiempo estimado al valor actual con una tasa de descuento, debiendo ser descontado el valor de inversión, con lo cual se puede obtener el resultado neto económico esperado.

La ecuación para trabajar este análisis económico es la siguiente:

$$VAN = - I + Fc_1/(1+i)^1 + Fc_2/(1+i)^2 + \dots + Fc_n/(1+i)^n$$

La inversión inicial *I* corresponde al desembolso económico que se genera para la implementación y corrida del proyecto.

El Flujo de caja  **$F_c$**  en un período es el estado económico de la gestión del proyecto ingresos vs egresos, pudiendo ser este período semanal, mensual, anual, etc., dependiendo del tiempo y naturaleza del proyecto.

La tasa de interés  **$i$**  corresponde a la rentabilidad que se espera recibir con el proyecto en el tiempo de vida estimado, es fijada de acuerdo a los requerimientos de la organización.

Los criterios que se utilizan en la evaluación del VAN son los siguientes:

$VAN > 0$ ; El proyecto es rentable en ese período de tiempo.

$VAN = 0$ ; Los ingresos del proyecto cubren la inversión en el período fijado.

$VAN < 0$ ; El proyecto no genera la rentabilidad esperada en ese período de tiempo.

### **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

La tasa interna de retorno corresponde al interés en el cual el proyecto no está dejando ningún beneficio económico pero está cubriendo la inversión realizada; análogamente se produce cuando

el VAN es igual a 0; el criterio de la TIR es compararla contra una tasa de interés mínima esperada por la empresa.

El cálculo del TIR se realiza a través de un proceso iterativo con el VAN y las tasas de rentabilidad, escogiendo dos entre las cuales se generan VAN positivo en el uno y VAN negativo en el otro.

Los criterios que se utilizan en la evaluación de la TIR son los siguientes:

$TIR > i$ ; El proyecto se acepta con rentabilidad mayor a la esperada.

$TIR = i$ ; Los ingresos del proyecto cubren la inversión en el período fijado.

$TIR < i$ ; El proyecto no genera la rentabilidad esperada en ese período de tiempo.

### **PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)**

El período de recuperación muestra el plazo del tiempo en el cual se recupera la inversión inicial realizada, para tomar decisiones

respecto al tiempo de espera antes de ver resultados positivos que hayan cubierto la inversión inicial.

El período de recuperación de la inversión, se lo obtiene a través de la suma de flujos de caja hasta el período en el cual la inversión ya haya sido cubierta:

$$PRI = (FC_1 + FC_2 + \dots + FC_n) / I \geq 0$$

La toma de decisión en este aspecto es subjetiva y a criterio del inversionista quien decide si el tiempo planteado de recuperar es prudencial y está dispuesto a esperarlo (9).

### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

El análisis de sensibilidad tiene por objetivo presentar como se ve afectado el rendimiento de un proyecto cuando hay una variación en una o más de las variables implicadas en el mismo.

Este tipo de análisis permite al inversionista conocer hasta donde está su riesgo controlado en la variabilidad de costos en cualquier factor del proyecto, mejorando la toma de la decisión.

El análisis de sensibilidad se presenta a través de una tabla donde están resumidos los valores de la tasa interna de retorno por cada varianza en alguna de las variables del proyecto.

Este estudio puede realizarse por un modelo unidimensional donde se analice el cambio de uno solo de los factores a la vez, o el modelo multidimensional donde 2 o más variables varíen ya sea a en la misma proporción o en proporciones distintas.

Si el proyecto le permite una amplia holgura al inversionista, el proyecto podría ser aceptado, pero si la variabilidad tiene márgenes estrechos de ganancia entre la TIR del proyecto y la tasa de rentabilidad esperada, probablemente se niegue el proyecto (11).

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

METALCON, la empresa para la cual fue desarrollado el presente proyecto es de giro metalmecánica, especializada en el diseño, cálculo, fabricación y montaje de estructuras metálicas en diversos campos para empresas públicas y privadas, entregando entre otros: torres y subestaciones eléctricas, torres telefónicas, estructura para metrovía, etc.

La empresa ofrece los siguientes productos:

- Cálculo, diseño, fabricación y montaje de torres eléctricas y telefónicas.
- Cálculo, diseño, fabricación y montaje de subestaciones eléctricas.

La empresa fue fundada en el año de 1993 en Mapasingue; con el objetivo de propiciar al desarrollo industrial y satisfacer los requerimientos del mercado en diseño fabricación y montaje metalmecánico, utilizando sistemas, procesos y tecnologías que se han ido renovando con el tiempo.

METALCON en sus inicios tenía actividades en metal como: corte, punzonado, soldadura. En el año de 1998 la empresa cambió sus instalaciones al kilómetro 16.5 de la vía a Daule de mayor área, en donde incorporó el proceso de galvanizado a sus procesos.

Un cambio tecnológico importante para la empresa, fue la incorporación de una máquina CNC (Control numérico computarizado) en el año 2002, para punzonar y cortar, ángulos y placas metálicas, con una precisión de  $\pm 0.7\text{mm}$ , lo cual permitió

aumentar su capacidad de producción, disminuir costos operativos y reducir el desperdicio.

En el año 2005 la empresa dejó de galvanizar considerando que era más beneficioso económicamente que esta actividad fuera realizada por un tercero, dedicándose exclusivamente al diseño y producción en metal.

La empresa ha realizado trabajos metálicos en:

- Electricidad: Fabricación y montaje de torres y sistemas de conexión eléctrica, fabricación y montaje de subestaciones eléctricas.
- Telefónica: Fabricación y montaje de torres telefónicas.
- Municipales: Fabricación y montaje de señalización para sistema METROVIA, manufactura de señalización de nombres de calles y avenidas para Guayaquil.
- CTG: Fabricación y montaje de barandas para separación de vías.



Desde el inicio de sus operaciones, se estima que se han realizado más de 600 torres eléctricas, 40 subestaciones eléctricas, 120 torres telefónicas de diversos tipos, etc.

Desde enero del año 2007 y con ocasión de la llegada a la presidencia de la república del Economista Rafael Correa quien entre sus acciones duplicó el bono de vivienda de \$1800 a \$3600 abrió el campo a que se pueda ofrecer a los postulantes del bono, una vivienda digna, donde METALCON vio una oportunidad como oferente de casas prefabricadas.

Debido a su giro tradicional de trabajo en metal, la empresa no tenía experiencia previa en trabajo con hormigón, para lo cual se debió diseñar un proceso nuevo y desarrollarlo, lo que es objeto de estudio en esta tesis.

### **3.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

La ubicación de la empresa es propicia para el desarrollo de sus actividades, en una vía altamente industrial, cercana a su mayor proveedor de acero, y con una amplia avenida que permite el tráfico de vehículos extra pesados inclusive.

Respecto a servicios básicos, la provisión eléctrica es normal y continua, con interrupciones en muy pocas ocasiones, y cuando estas se producen son de corta duración; la provisión de agua potable es continua, son excepcionales las ocasiones que el servicio no es prestado; el alcantarillado es adecuado, considerando adicionalmente que el área de la empresa es una pequeña elevación, con lo cual las aguas lluvias corren sin provocar mayores problemas al desarrollo de las operaciones en la planta.

Para el desarrollo del nuevo proceso de producción de paneles de hormigón, se adquirió un terreno ubicado en el Km. 20.5 de la Vía a Daule, cuyas condiciones respecto a servicios del sector y dentro de la planta se presentan a continuación:

**TABLA 13**  
**SERVICIOS BÁSICOS DEL SECTOR**

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DISPONIBILIDAD</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
ELECTRICIDAD	Sí	Provisto por la Eléctrica de Guayaquil, servicio permanente
AGUA	Sí	Provisto por INTERAGUA, servicio permanente
DRENAJE	No	El sector no cuenta con red de desagüe
TELÉFONO	No	El sector no tiene cobertura en cableado aún
CELULAR	Pobre	El sector es un valle rodeado de cerros, por lo cual la señal celular es deficiente
INTERNET	No	No existe cobertura en cableado ni posibilidad de antena por los cerros
ALUMBRADO	Regular	El sector cuenta con iluminación normal residencial de postes
VÍAS DE ACCESO	Malo	Vías de tierra, lodosas durante épocas lluviosas

**TABLA 14**  
**SERVICIOS BÁSICOS DENTRO DE LA PLANTA**

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DISPONIBILIDAD</i>	<i>OBSERVACIÓN</i>
ELECTRICIDAD	110 - 220 V	Energía bifásica, trifásica
AGUA	64 m3	Cisterna 4 x 4 x 4 metros, existe opción de utilizar pozo profundo
DRENAJE	CANAL	Existe canal que desfoga al río
COMUNICACIÓN	CELULAR	Comunicación vía celular, solo en ciertas área de la planta
ALUMBRADO	POSTES	Existen 2 postes con iluminación tipo calle
VÍA DE TRÁNSITO	TIERRA	Camino de polvo, lodoso durante lluvias

Además se presenta la accesibilidad a la planta desde la principal vía más cercana, mediante el siguiente gráfico:



**Figura 3.1. Ubicación de la planta referente a la Vía a Daule**

Fuente: Google Earth

El acceso de la vía principal hacia el interior de la planta es dificultosa, razón por la cual se restringe la entrada hasta plataformas medianas de aproximadamente 8 metros de longitud para que puedan maniobrar sin inconvenientes, esto aplica tanto a proveedores de materia prima como a camiones de despacho.

### **3.3 PRODUCTOS**

METALCON elabora los siguientes productos de la casa prefabricada con procesos independientes:

- Estructura metálica de vigas de amarre y columnas.
- Paneles de hormigón.

- Marcos de ventanas y puertas.
- Triángulos de malla.

La vivienda al ser un conjunto de diversos elementos, algunos de ellos son realizados por terceros y usados en el montaje de la casa, estos son:

- Cubierta.
- Ventanas.
- Puertas.
- Elementos eléctricos.
- Elementos sanitarios.

En la siguiente imagen se presenta una casa prefabricada armada, con sus elementos más destacables nombrados anteriormente:



**Figura 3.2. Casa prefabricada armada**

Los paneles de hormigón son elementos fabricados de la mezcla de piedra, arena, agua y cemento, en proporciones determinadas, reforzadas con una malla de acero en su interior; los paneles son de diferentes medidas en su longitud y ancho, pero su espesor es de 40 mm; en su diseño los paneles cuentan con una forma de V en sus extremos superior e inferior para el encastre (unión de elementos), se ha determinado una dureza de hormigón de 140 fc' (Kg/cm<sup>2</sup>) según diseño del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Guayaquil (LEM).



**Figura 3.3. Vista interior de panel de hormigón**

En la actividad de paneles de hormigón se manufactura adicionalmente las mallas metálicas como un proceso independiente, las mallas son subproductos utilizadas en el interior de los paneles de hormigón.

El consumo tiene una relación de 1 a 1, es decir una malla por cada panel de hormigón que se fabrica; en base a esto se presenta a continuación un cuadro con las cantidades requeridas por casa de productos, siendo aplicable tanto a mallas como a paneles de hormigón:

**TABLA 15**  
**DIMENSIONES Y CANTIDAD DE PANELES DE HORMIGÓN PARA CASA**  
**DE DISEÑO DE 6 METROS DE FRENTE**

<b>MALLAS/PANELES DE HORMIGÓN</b>				
<b>Código</b>	<b>Sección</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Cantidad x casa</b>	<b>Área x código x casa (m2)</b>
A	Panel 500x40mm	890	2	0,89
B	Panel 500x40mm	930	12	5,58
C	Panel 500x40mm	1020	6	3,06
D	Panel 500x40mm	1714	5	4,29
F	Panel 500x40mm	1868	20	18,68
G	Panel 500x40mm	2000	8	8,00
H	Panel 250x40mm	2860	52	37,18
			<b>total área (m2)</b>	<b>77,675</b>

Clasificando de acuerdo a un diagrama de Pareto, se observa que los paneles de hormigón que se realizan en mayor cantidad y volumen, y que por tanto serán fundamentales en el proceso de producción son los paneles código H y F, esto se refleja a continuación:

**TABLA 16**  
**PARETO DE CANTIDAD Y ÁREA DE TIPOS DE PANELES DE HORMIGÓN POR CASA**

<b>INVENTARIO POR CASA</b>		
<b>Código</b>	<b>Cantidad x casa</b>	<b>%</b>
H	52	49,5%
F	20	68,6%
B	12	80,0%
G	8	87,6%
C	6	93,3%
D	5	98,1%
A	2	100,0%

<b>TOTAL</b>	105
--------------	-----

<b>ÁREA A PRODUCIR POR CASA</b>		
<b>Código</b>	<b>Área x casa (m2)</b>	<b>%</b>
H	37,18	47,9%
F	18,68	71,9%
G	8,00	82,2%
B	5,58	89,4%
D	4,29	94,9%
C	3,06	98,9%
A	0,89	100,0%

<b>TOTAL</b>	77,675
--------------	--------



Estos valores están representados en los siguientes gráficos de barras:

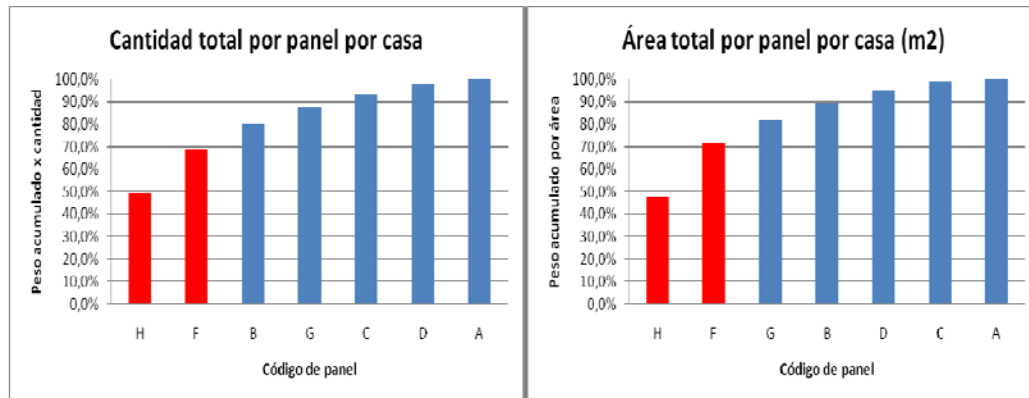


Figura 3.4. Gráficos de barras de Pareto de cantidad y área por tipo de losetas de casa

A continuación se presenta un esquema modelo de los paneles de hormigón aplicable a todas las medidas, con el diseño del encastre que se utiliza en la unión de elementos:



Figura 3.5. Modelo de panel de hormigón actual

### **3.4 MERCADO Y CLIENTES**

La vivienda de interés popular está dirigida a los beneficiarios calificados para el bono por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) que han seleccionado la propuesta presenta por METALCON en las provincias de Guayas y Santa Elena.

Los beneficiarios deben ser propietarios del terreno y deben aportar en el caso de casas nuevas máximo el 10% del valor de la vivienda, es decir de \$360 que pueden ser entregados en efectivo, como materiales de construcción o como mano de obra.

De acuerdo a información disponible del INEC, la población en el Ecuador se proyecta a 14'204.900 habitantes en el 2010; en el 2006 la población era de 13'408.270 habitantes, en ambos casos aproximadamente el 34.29% corresponde a población rural. De acuerdo a las encuestas de condiciones de vida 2006 del INEC, en Ecuador existen 3'264.866 hogares, de los cuales 2'144.070 tenían vivienda propia.

De acuerdo a estas cifras del INEC el déficit de vivienda se estima en 1'120.796 hogares a finales del 2006, valor que no ha sido cambiado por nuevas estadísticas en los años subsiguientes y que incluso se estima que se mantiene.

Las estadísticas de entrega de bonos por parte del MIDUVI en el Gobierno del Economista Rafael Correa Delgado a nivel nacional, y específicamente las provincias de Guayas y Santa Elena se presentan a continuación:

**TABLA 17**  
**BONOS DE VIVIENDA RURAL Y URBANO - MARGINAL ENTREGADOS**

Período	Nacional	Guayas - Santa Elena	Porcentaje
<b>2007</b>	17.000	3.672	21,6%
<b>2008</b>	66.887	13.566	20,3%
<b>2009</b>	23.029	13.319	57,8%

Fuente: MIDUVI

Desde el año 2008 con la llegada del nuevo gobierno se puede apreciar el incremento en entrega de bonos de vivienda, y los datos en Guayas y Santa Elena para el 2008 presentan 13.566 bonos pagados y para 2009 presenta 13.319 bonos pagados, lo cual indica una tendencia en los últimos 2 años a entregar alrededor de 13.000 bonos para las provincias de Guayas y Santa Elena (12).

Actualmente existen en Guayas 5 oferentes dentro de los planes de vivienda popular financiados a través de bonos por el gobierno, se han proyectado la entrega entre 12.000 bonos para estas provincias lo cual es validado por los datos generados el 2008 y 2009. Con estos antecedentes, la dirección ha definido una meta de participación máxima del 20% de bonos pagados, considerando que el Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda de apertura y participación por igual a todos los proveedores.

**TABLA 18**  
**PARITICIPACIÓN MÁXIMA ESTIMADA Y CASAS MES A ENTREGAR**

<b>Bonos estimados Guayas (anual)</b>	12.000
<b>Bonos estimados Guayas (mensual)</b>	1.000
<b>Participación máxima estimada de METALCON</b>	20%
<b>Casas a entregar por mes</b>	200

En base a esta información se debe poseer una planta que sea capaz de procesar inicialmente hasta 200 casas mensuales, que a 26 días laborables representa 7,69 casas, si hay incremento en la demanda debe ser presentado hasta cuanto puede absorber el diseño a presentar.

### **3.5 PROCESO**

Los procesos que se llevan a cabo directamente por la empresa y a través de terceros, descritos anteriormente, se presentan en el

siguiente cuadro con los correspondientes valores presupuestados y presentados al MIDUVI por casa, los cuales incluyen la utilidad esperada por casa, que por decisión de la alta dirección se ha fijado en 15% del subtotal antes de impuestos. Estos rubros se han estimado a partir de los procesos empíricos implementados en la fabricación de la casa modelo.

**TABLA 19**  
**PRESUPUESTOS POR RUBRO DE CASA PREFABRICADA**

DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	PESO
ESTRUCTURA METÁLICA	\$ 1.402,46	43,6%
PANELES DE HORMIGÓN	\$ 772,63	24,0%
CUBIERTA	\$ 226,43	7,0%
VENTANAS	\$ 176,81	5,5%
CIMENTACIÓN	\$ 155,00	4,8%
MALLAS DE TECHO	\$ 136,00	4,2%
SANITARIO	\$ 132,32	4,1%
PUERTAS	\$ 114,05	3,5%
ELÉCTRICO	\$ 98,59	3,1%
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$ 3.214,29</b>
<b>IVA (12%)</b>		<b>\$ 385,71</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.600,00</b>
<b>UTILIDAD (15% DEL SUBTOTAL)</b>		<b>\$ 482,14</b>

Donde se puede concluir que el 24% del valor de una casa esta presupuestado para la fabricación de paneles de hormigón, siendo con la fabricación de la estructura metálica los procesos de mayor costo, y cualquier medida que genere ahorro en estas actividades

impactará en el costo final de la casa aumentando la rentabilidad del proyecto, partiendo que los costos fueron estimados a partir de procesos empíricos.

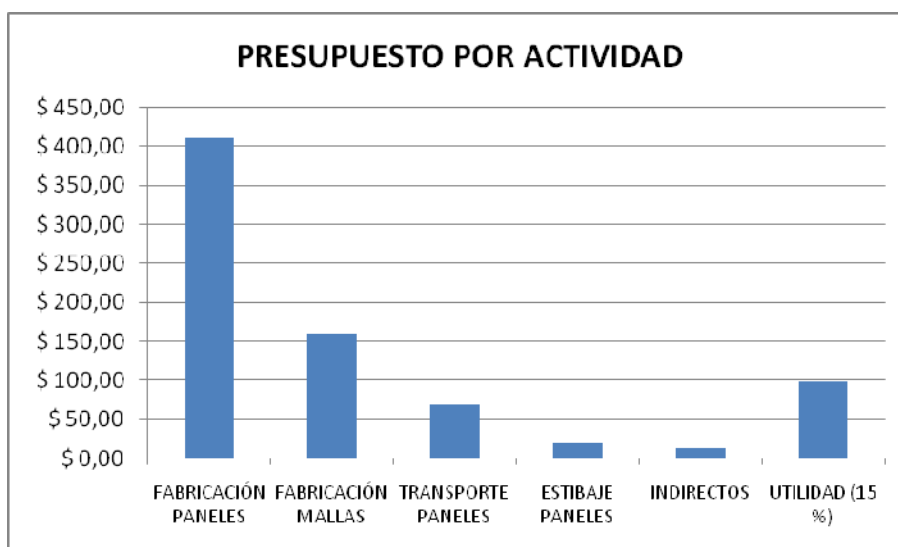
En el proceso de paneles de hormigón, se distinguen 5 actividades para las cuales están distribuidos el presupuesto; estas actividades son:

- Provisión de mallas de acero para armado de paneles de hormigón.
- Fabricación de paneles de hormigón.
- Estibaje de paneles de hormigón para envío.
- Transporte de paneles de hormigón de planta a lugar se ensamble.
- Costos indirectos asociados a la planta

En el siguiente diagrama de Pareto se presentan los presupuestos asignados y presentados al MIDUVI (incluyen materiales directos, indirectos y mano de obra) por casa para cada uno de los procesos señalados:

**TABLA 20**  
**PRESUPUESTOS POR RUBRO DE PANELES DE HORMIGÓN**

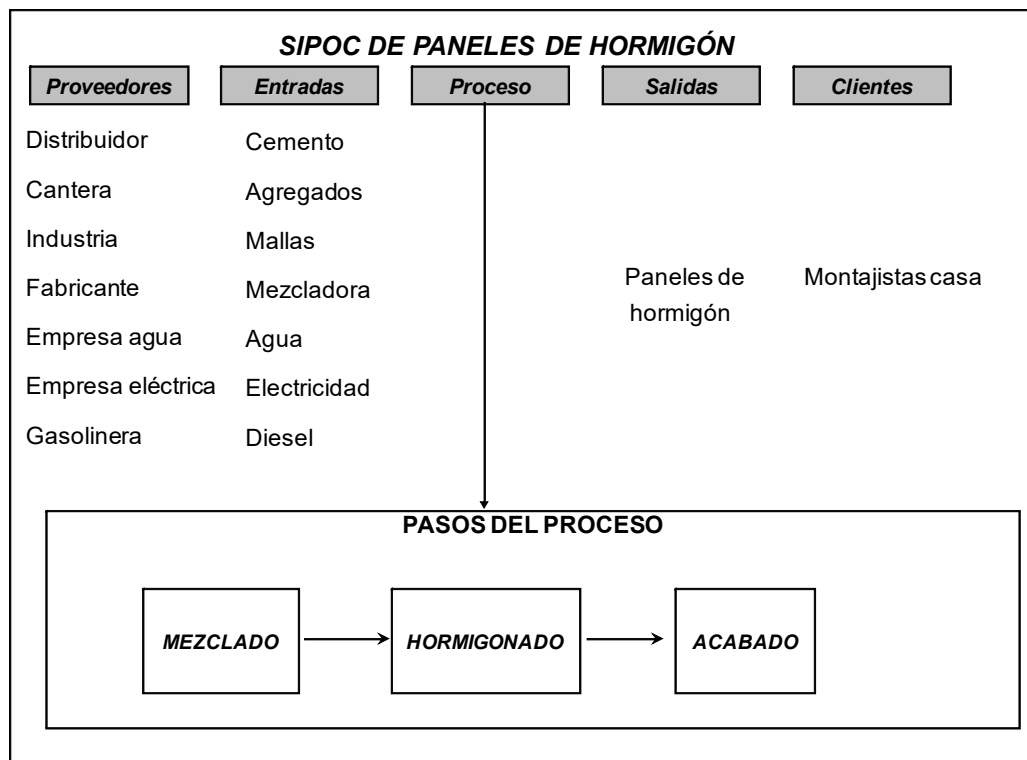
DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	PESO
FABRICACIÓN PANELES	\$ 410,48	53,1%
FABRICACIÓN MALLAS	\$ 159,89	20,7%
TRANSPORTE PANELES	\$ 70,00	9,1%
ESTIBAJE PANELES	\$ 20,00	2,6%
INDIRECTOS	\$ 13,21	1,7%
<b>UTILIDAD (15 %)</b>	<b>\$ 99,06</b>	<b>12,8%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 772,63</b>	<b>100,0%</b>



**Figura 3.6. Gráfico de barras de presupuesto por actividad de paneles de hormigón**

De estos datos se obtiene que el proceso de fabricación de paneles de hormigón tiene un impacto del 53.1% del presupuesto total asignado a paneles de hormigón, y de ahí que cualquier mejora en los procesos de producción contribuirá notablemente en los costos operativos generales de la planta.

A continuación se presenta el diagrama SIPOC para paneles de hormigón en el cual se visualiza el movimiento de recursos con los actores del proceso:



**Figura 3.7. Diagrama SIPOC del proceso de paneles de hormigón**

La empresa cuenta con un diagrama de procesos respecto a la producción de paneles de hormigón, aunque no se han establecido estándares de tiempo para los mismos, pero como información referencial para presentar un mayor detalle del proceso, se muestra a continuación:



<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELES</b>					
<b>PRODUCTO:</b>	PANELES DE HORMIGÓN		<b># PIEZAS:</b>	105	
<b>PROCESO:</b>	FABRICACIÓN DE PANELES		<b>INICIO:</b>	Recepción de materia prima	
<b>AREA:</b>	PRODUCCIÓN		<b>TERMINO:</b>	Almacenamiento de paneles	
DETALLE DE SUBPRODUCTOS			RESUMEN DE ACTIVIDADES		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANT	TIPO	DESCRIPCIÓN	#
A	PANEL 890 X 500 X 40 mm	2	○	Operación	21
B	PANEL 930 X 500 X 40 mm	12	⇒	Transporte	4
C	PANEL 1020 X 500 X 40 mm	6	□	Inspección	2
D	PANEL 1714 X 500 X 40 mm	5	D	Demora	3
F	PANEL 1868 X 500 X 40 mm	20	▽	Almacenamiento	0
G	PANEL 2000 X 500 X 40 mm	8			
H	PANEL 2860 X 250 X 40 mm	52		<b>TOTAL</b>	30

SECUENCIA	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES				
		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAMIENTO
1.1	Operario carga carretilla con piedra	●	⇒	□	D	▽
1.2	Operario transporta carretilla de piedra a mezclado	○	⇒	□	D	▽
1.3	Operario carga carretilla con arena	●	⇒	□	D	▽
1.4	Operario transporta carretilla de arena a mezclado	○	⇒	□	D	▽
1.5	Operario abre y descarga saco de cemento	●	⇒	□	D	▽
1.6	Operarios mezclan materiales paleando	●	⇒	□	D	▽
1.7	Operario verifica cantidad de agua a colocar	○	⇒	□	D	▽
1.8	Operario carga agua en mezcla de materiales	●	⇒	□	D	▽
1.9	Operarios mezclan materiales paleando	●	⇒	□	D	▽
2.1	Operario espera por baldes vacíos	○	⇒	□	D	▽
2.2	Operario carga mezcla en baldes	●	⇒	□	D	▽
2.3	Cargador transportan mezcla de hormigón a puesto de trabajo	○	⇒	□	D	▽
2.4	Cargador voltea mezcla en moldes	●	⇒	□	D	▽
3.1	Maestro distribuye primera capa de hormigón en molde	●	⇒	□	D	▽
3.2	Maestro coloca malla en molde con una capa de hormigón	●	⇒	□	D	▽
3.3	Maestro espera por siguiente viaje de hormigón	○	⇒	□	D	▽
3.4	Maestro distribuye segunda capa de hormigón en molde	●	⇒	□	D	▽
3.5	Maestro retira exceso de mezcla de molde	●	⇒	□	D	▽
3.6	Maestro utilizando regla deja regular la superficie	●	⇒	□	D	▽
3.7	Maestro retira hormigón regado en los alrededores del molde	○	⇒	□	D	▽
3.8	Panel de hormigón empieza fraguado	●	⇒	□	D	▽
4.1	Maestro con paleta le da acabado final a la cara visible del panel	●	⇒	□	D	▽

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELES					
<b>PRODUCTO:</b>	PANELES DE HORMIGÓN		<b># PIEZAS:</b>	105	
<b>PROCESO:</b>	FABRICACIÓN DE PANELES		<b>INICIO:</b>	Recepción de materia prima	
<b>AREA:</b>	PRODUCCIÓN		<b>TERMINO:</b>	Almacenamiento de paneles	
DETALLE DE SUBPRODUCTOS			RESUMEN DE ACTIVIDADES		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANT	TIPO	DESCRIPCIÓN	#
A	PANEL 890 X 500 X 40 mm	2	○	Operación	21
B	PANEL 930 X 500 X 40 mm	12	⇒	Transporte	4
C	PANEL 1020 X 500 X 40 mm	6	□	Inspección	2
D	PANEL 1714 X 500 X 40 mm	5	D	Demora	3
F	PANEL 1868 X 500 X 40 mm	20	▽	Almacenamiento	0
G	PANEL 2000 X 500 X 40 mm	8	<b>TOTAL</b>		30
H	PANEL 2860 X 250 X 40 mm	52			

SECUENCIA	ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD				
		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAMIENTO
4.2	Panel en prefragado	●	⇒	□	D	▽
5.1	Operarios retiran molde de panel	●	⇒	□	D	▽
5.2	Operarios verifican e inspeccionan medidas de panel	○	⇒	□	D	▽
5.3	Cargadores transportan panel a fraguado	○	⇒	□	D	▽
5.4	Panel inicia su fraguado	●	⇒	□	D	▽
6.1	Operarios limpian base y marcos de molde	●	⇒	□	D	▽
6.2	Operarios arman molde	●	⇒	□	D	▽
6.3	Operarios colocan desmoldante en molde	●	⇒	□	D	▽

Figura 3.8. Diagrama de flujo de proceso de paneles de hormigón

### 3.6 TECNOLOGÍA

Para seleccionar el tipo de tecnología a utilizar en la fabricación de paneles de hormigón se realizó un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), el cual adicionalmente resalta y señala los aspectos que rodean al proyecto, este análisis FODA se presenta a continuación:

**TABLA 21**  
**MATRIZ FODA PARA IMPLEMENTAR EL PROCESO DE PANELES DE HORMIGÓN**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Control de calidad del producto	Posibilidad de explotar otros nichos de mercado	Sin experiencia previa del proceso	Inestabilidad política que podría detener el plan de vivienda
Producción en diseño y medidas que se ajusten a las necesidades	Apertura a otras provincias para ampliar mercado	20% cobertura de herramientas. 0% equipos para procesar hormigón	Aumento en los costos de materiales de construcción
Volumen de producción de acuerdo a demanda de casas	Sector con mano de obra disponible y suficiente		Vida útil del proyecto indeterminable por las condiciones
Espacio físico suficiente para desarrollar la actividad			Dependencia de las decisiones del MIDUVI

- Del análisis de fortalezas se concluyó que es necesario que la empresa realice un proceso de producción de paneles de hormigón, para no depender de un proveedor externo que no sea capaz de entregar los paneles de hormigón en las medidas, calidades y cantidades requeridas, considerando que se cuenta con espacio suficiente para desarrollar esta actividad.
- Del análisis de debilidades se concluyó que es necesario desarrollar el proceso de producción de paneles de hormigón, y posteriormente seguir una fase experimental para superar la inexperiencia y conocer los requerimientos básicos en equipos, que en este caso son altos costos de inversión para un alto grado de automatización del proceso.

- Del análisis de oportunidades se concluyó que se debe realizar una investigación de mercado para conocer si existen otros nichos de mercado que se puedan satisfacer con el mismo proyecto, y que la ampliación de mercado a otras provincias justificaría ampliar las capacidades del proceso, aprovechando que el sector de influencia de la planta cuenta con mano de obra suficiente y disponible que facilitarían los planes, programas y horarios de producción.
- Del análisis de amenazas se concluyó que se debe desarrollar un proceso que tenga mínimas barreras de salida del negocio, por la incertidumbre de duración del proyecto y la inestabilidad política del Ecuador, al menos de los últimos 10 años, amenazada adicionalmente por la fuerte dependencia del cliente contratante que es el Ministerio de Vivienda.

Como conclusión del FODA, es necesario desarrollar un proceso de producción de paneles de hormigón minimizando barreras de salida, es decir tipo artesanal al costo más bajo de inversión inicial aprovechando la alta disponibilidad de mano de obra; que en caso de culminación del proyecto, la empresa obtendría como afectación la salida de la mano de obra y no una alta inversión en equipos que

no podrían ser utilizados; adicionalmente el proyecto generaría un impacto positivo en la sociedad al ser una generadora de empleo.

Finalmente el problema a atacar en el desarrollo de esta tesis es la falta de investigación y desarrollo ingenieril del nuevo proceso a partir de un diseño empírico de producción masivo; siendo capaz de analizar y proponer mejoras, determinar tiempos que organicen una línea balanceada y suficiente para satisfacer la demanda esperada, y minimizar el costo por debajo de lo presupuestado.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN**

### **4.1. ANÁLISIS DE OPERACIONES (9 ENFOQUES)**

El análisis de la operación corresponde a la revisión detallada de los factores que intervienen en el proceso de producción de paneles de hormigón, con la finalidad de mejorar y tecnificar el proceso empírico establecido inicialmente.

Este análisis detallado se describirá punto por punto a través de los 9 enfoques.

#### **1º. PROPÓSITO DEL PROCESO**

El panel de hormigón es un elemento fácilmente distinguible en la casa prefabricada, es más beneficioso fabricarla que comprarla a

un tercero por las siguientes razones: más costoso comprarla a un proveedor externo, y brinda la facilidad de variar y ajustar el producto a los requisitos de diseño y condiciones de producción, y de irlos modificando en el tiempo.

El proceso cuenta con una serie de actividades las cuales inicialmente son evaluadas para identificar si son operaciones necesarias o susceptibles de combinación con otras; por este motivo se presenta a continuación las actividades en las cuales se presentaron oportunidades de mejoras:

**TABLA 22**  
**ACTIVIDADES CON OPORTUNIDAD DE MEJORA DEL PROCESO**

ACTIVIDADES	TIPO	OBSERVACIÓN
Operario carga carretilla con piedra	Operación	Susceptible de modificación por falta de control de cantidades de material
Operario carga carretilla con arena	Operación	Susceptible de modificación por falta de control de cantidades de material
Operarios mezclan materiales paleando	Operación	Susceptible de modificación por tiempos de operación y respuesta
Operario verifica cantidad de agua a colocar	Inspección	Susceptible de eliminación, actividad que no agrega valor
Operarios mezclan materiales paleando	Operación	Susceptible de modificación por tiempos de operación y respuesta
Operario espera por baldes vacíos	Demora	Susceptible de eliminación, actividad que no agrega valor
Maestro espera por siguiente viaje de hormigón	Demora	Susceptible de eliminación, actividad que no agrega valor
Maestro retira hormigón regado en los alrededores del molde	Demora	Susceptible de eliminación, actividad que no agrega valor
Operarios verifican e inspeccionan medidas de panel	Inspección	Susceptible de eliminación, actividad que no agrega valor

Todas las actividades descritas en el cuadro se detallan con las razones para ser modificados o eliminados a continuación:

- Operarios cargan carretilla con agregados, se elimina debido a que no permite el control adecuado de consumo de materiales.



**Figura 4.1. Operarios cargando agregados en carretilla**

- Operarios mezclan materiales paleando, se elimina debido a que esta actividad no permite continuidad en el proceso, ya que luego de procesada una parada es necesario esperar que se consuma toda la mezcla para una nueva parada.
- Oficial verifica cantidad de agua a colocar, se elimina debido a que no permite el control adecuado de agua pudiendo afectar la consistencia de la mezcla y por ende la calidad del producto.
- Operario espera por baldes vacíos, se elimina debido a que no permite mantener continuidad en el proceso de desalojar la mezcla fresca y mantener el abastecimiento en moldes.



- Maestro espera por siguiente viaje de hormigón, se elimina debido a que esta actividad es un tiempo no productivo y no agrega valor al proceso.
- Maestro retira hormigón regado en los alrededores del molde, se elimina debido a que esta actividad genera desperdicios y tiempo adicional en el reproceso.



**Figura 4.2. Mezcla regada en los alrededores del molde**

- Operarios verifican medidas del panel; debe eliminarse ya que esta actividad toma tiempo y recursos realizadas al 100% de productos, que pueden ser focalizados en otras actividades.

Estas actividades que no agregan valor al proceso, se eliminaron, cambiaron o modificaron como se presenta a continuación:

- Se modifican los elementos de cargar agregados (piedra y arena) por elementos fáciles de transportar y que permitan el control de materiales, llamados parihuelas, lo cual está explicado más adelante.
- Se modifica la operación de mezclado, la cual está explicada y detallada más adelante.
- Se elimina la acción de verificar la cantidad de agua de mezclado, se modificó el balde de alimentación de agua de tal manera que se pueda cargar únicamente con la cantidad de agua especificada, si se la sobrecarga tiene agujeros de desalojo del agua en exceso.
- Se elimina la acción de espera por baldes vacíos a través de un inventario óptimo de baldes contra la cantidad de recursos necesarios para transporte.
- Se elimina la acción de espera del maestro por hormigón, es una actividad que no agrega valor, a través del balanceo de línea se asegura la provisión permanente de material para disminuir su tiempo no efectivo, asegurando flujo continuo de material.
- Se reduce la incidencia de material regado en los moldes, ya que estos son originados por la no adecuada provisión de

material en el molde, se capacitó a los alimentadores de material en la importancia e impacto de su labor.



**Figura 4.3. Operario provee de mezcla a molde**

- Se elimina la actividad de verificar las medidas de los paneles de hormigón. Con un proceso, herramientas y materiales controlados, se establece un programa de control de calidad por lotes, antes que realizar el control individual a todos los productos, el cual aumenta la necesidad de recursos e incrementa el costo, considerando un tiempo medio de revisión de un minuto por panel de hormigón, para alrededor de 808 paneles que corresponden a la cantidad requerida de 7.69 casas/día se requerirían 808 minutos de revisión, es decir de 13.47 horas, lo cual implicaría a 2 personas exclusivamente en

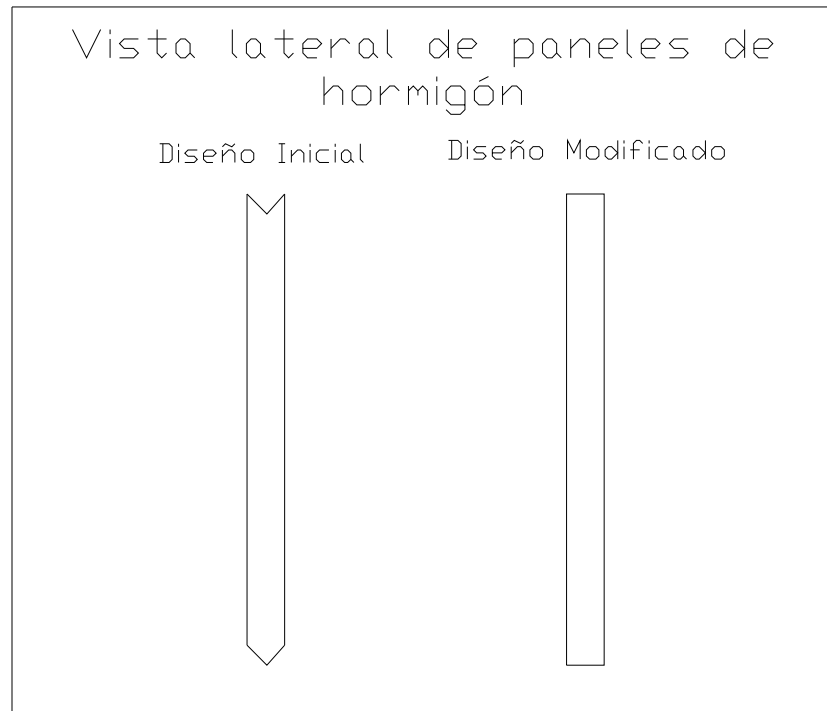
control de medidas, contando un salario mínimo completo de \$ 480, representaría \$ 4.80 dólares adicionales por casa.

## **2º. DISEÑO DEL PRODUCTO**

El diseño de los paneles es susceptible de cambio, siempre y cuando las modificaciones faciliten el proceso de producción, y mejoren las operaciones siguientes a la producción como el estibaje, transporte y armado de casas.

Los cambios aplicados para las características físicas de diseño, que facilite los procesos de preparación, producción y calidad del producto se describen a continuación:

- **Encastre:** Se eliminó el encastre en forma de V, y se lo cambia por un encastre plano, con lo cual se obtienen los siguientes resultados: se simplifica el diseño de moldes, se reducen los tiempos de preparación con un diseño más simplificado y fácil de manejar, se reducen los tiempos de operación en hormigonado, se facilita el almacenamiento de los paneles.



**Figura 4.4. Vista lateral de diseño actual y propuesto de paneles de hormigón**

Este cambio en el diseño del encastre del panel de hormigón permitió:

- Simplificar el diseño de los marcos de moldes, ahora contienen menos material, con menos peso por tanto menos costoso en la inversión inicial. Los marcos de moldes con el diseño en V, por casa requieren de 1630.70 kg de acero; con el cambio a un diseño plano, los marcos de moldes por casa requieren de 1010.90 kg de acero en su fabricación, lo cual implica 38% menos de acero que se utilizó en marcos de moldes y por tanto una menor inversión inicial.

- Reducir los tiempos de preparación en armar y retirar los marcos de las bases de los moldes, los marcos para paneles con encastre en V son de 2 piezas, y están unidas entre ellas por 2 pernos, siendo necesario sacar y poner pernos cuando se retira un panel o se prepara una nueva estación de trabajo. Los marcos para paneles con encastre plano son de una sola pieza, lo cual implica que se coloca y se retira completamente al retirar un panel fabricado o preparar una estación de trabajo. Este cambio redujo tiempo ya que se eliminaron acciones como se presenta a continuación:

**TABLA 23**  
**ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN CON MARCOS PARA PANELES CON ENCASTRE EN V**

<b>ACTIVIDAD:</b> Preparación de marcos sobre base de molde	
<b>TIPO DE MARCOS:</b> Para paneles con encastre en V	
<b>PUNTO INICIAL:</b> Base de moldes colocada y limpia	
<b>SECUENCIA</b>	<b>ELEMENTO</b>
1	Operarios buscan marcos de molde (Piezas 1 y 2)
2	Operarios limpian marcos de moldes
3	Operarios colocan marcos en base de molde
4	Operarios toman llaves de pernos
5	Operarios toman pernos requeridos
6	Operarios colocan pernos uniendo piezas de marcos
7	Operarios toman tuerca requerida
8	Operarios colocan perno en tuerca manualmente
9	Operarios ajustan perno en tuerca con llave
<b>SIGUIENTE PUNTO:</b> Preparación de superficie de molde con desmoldante	

**TABLA 24**  
**ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN CON MARCOS PARA PANELES CON ENCASTRE PLANO**

<b>ACTIVIDAD:</b> Preparación de marcos sobre base de molde	
<b>TIPO DE MARCOS:</b> Para paneles con encastre plano	
<b>PUNTO INICIAL:</b> Base de moldes colocada y limpia	
<b>SECUENCIA</b>	<b>ELEMENTO</b>
1	Operarios limpian marco de molde
2	Operarios colocan marco en base de molde
<b>SIGUIENTE PUNTO:</b> Preparación de superficie de molde con desmoldante	

- Mejorar la operación en hormigonado, ya que en un encastre V los operarios requieren mayor tiempo y detalle para asegurar el llenado de material en los extremos en V del molde.
- Facilitar el almacenamiento de paneles, ya que en un encastre V los paneles son almacenados con la punta hacia abajo con una ligera inclinación, en el encastre plano no requieren mayor inclinación, se pueden colocar en cualquier sentido.



**Figura 4.5. Vista lateral del almacenamiento de paneles encastre en V**

### **3º. TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES**

Con respecto al diseño del hormigón, los paneles de hormigón son elementos no estructurales en la casa prefabricada, es decir no soportan cargas más que las del peso mismo generado por la pared, se ha establecido que deben presentar una resistencia a la compresión de 140 fc (kg/cm<sup>2</sup>).

Para comprobar la calidad del hormigón se realizan usualmente dos tipos de pruebas, de asentamiento y de resistencia, ninguna de las cuales se realiza actualmente en la producción de paneles de hormigón, y que se implementarán para llevar un control y registro de calidad del producto.

La prueba de asentamiento del hormigón verifica la consistencia del mismo que influirá posteriormente en la resistencia del hormigón, y depende de la cantidad de agua de la mezcla, se ha establecido después de estudio, y cálculo del LEM un asentamiento entre 2.5" y 5" (ANEXO B).



Para la realización de la prueba de asentamiento se establecieron los siguientes parámetros:

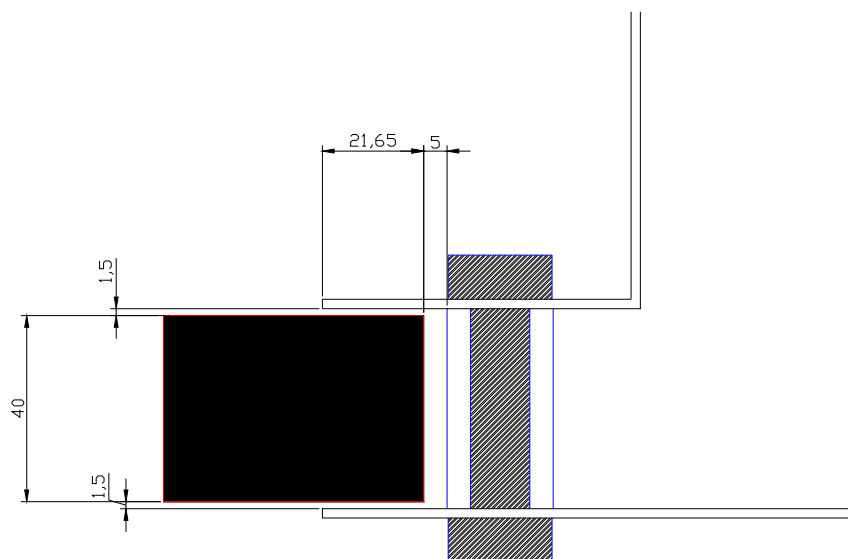
- Realizar la prueba con la línea operando, no interfiere con la producción.
- Realizar preferentemente en horas de mayor temperatura (entre las 10:00 y las 15:00), que son en las cuales podría presentar problemas la mezcla.
- Reutilizar la mezcla empleada en la producción por cuanto se mantiene en estado fresco.
- Realizar 2 muestras diariamente a diversas horas.

La prueba de resistencia del hormigón presenta la dureza esperada de hormigón a la edad de 28 días, y que es la que se presenta en las especificaciones de la vivienda (140 fc'), la empresa no cuenta con equipos para realizarla, razón por la cual las probetas de estudio después de tratadas son enviadas para determinar su dureza en el LEM.

Para rechazar las probetas por resistencia, deben tener una probabilidad de 0.05 de no cumplir la dureza especificada (140 fc'); para la toma de muestras se plantearon los siguientes parámetros:

- Realizar la prueba con la línea operando, no interfiere con la producción.
- Las muestras tomadas son de tipo destructivo es decir no reutilizables.
- Tomar 3 muestras semanales aleatoriamente en día y hora.
- Guardar registro de los resultados.

Con respecto a la geometría y forma del panel de hormigón, este debe corresponder a las medidas presentadas inicialmente y que responden al diseño de casa presentado, a continuación se muestra el diseño en el plano como corresponde el encastre en las vigas metálicas:



**Figura 4.6. Vista superior del encastre de paneles en viga metálica**

El cumplimiento geométrico se comprueba por medición de los paneles, que se realiza con la utilización de metros, y tomando como punto de partida el espacio disponible según el diseño de las columnas, como se aprecia en el gráfico anterior se dejan las siguientes tolerancias en las medidas que no compliquen la puesta y armado de los paneles:

**Longitud:**  $\pm 10$  mm, el acoplamiento de paneles en las columnas de metal permiten una diferencia de hasta 10 mm en su longitud sin que ocasione inconvenientes en el acoplado, esto implica una fuga de 5 mm por cada lado del panel en cada columna.

**Ancho:** + 5 mm, los paneles de hormigón hasta esta tolerancia permiten la correcta ubicación de puertas y ventanas.

**Espesor:**  $\pm 3$  mm, el espesor de columnas metálicas es regulable en la puesta en obra a través del ajuste de pernos, con esta tolerancia de espesor se permite que toda la pared este asegurada.

Cualquier medida fuera de las especificaciones contribuye a un mayor consumo de material y problemas en la puesta en obra.

#### 4º. MATERIALES

Los paneles de hormigón llevan en su interior una malla metálica; la estructura de hormigón presenta resistencia a la compresión y con la ayuda de la malla metálica presenta resistencia a la flexión; en este sentido el análisis de materiales se ha dividido en la malla metálica y la mezcla de hormigón:

#### MALLA METÀLICA

Las mallas de acero de acero empleadas inicialmente eran compradas directamente a una empresa proveedora, las cuales tenían las siguientes características de acuerdo a la medida del panel de hormigón en que serían usadas:

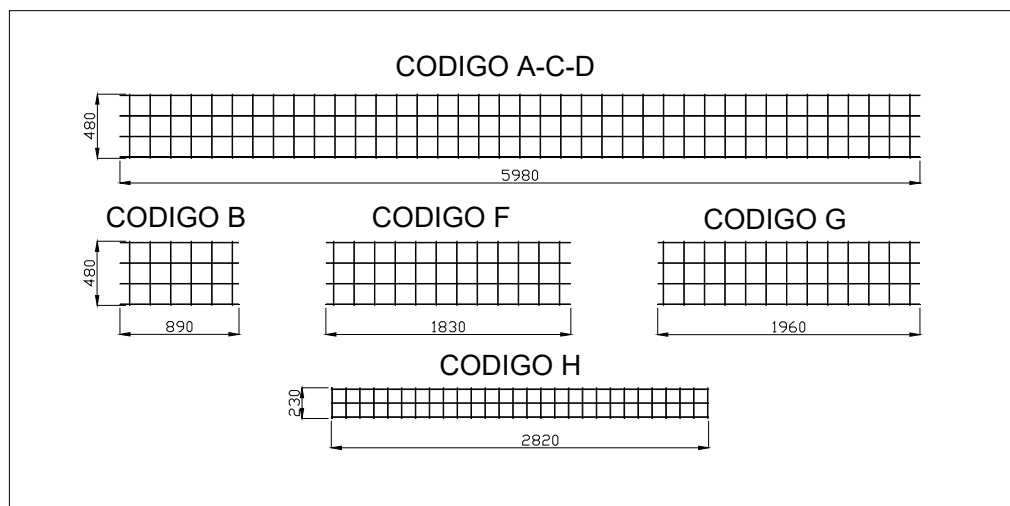
**TABLA 25**  
**MEDIDAS DE MALLAS COMPRADAS A PROVEEDOR PARA USO EN**  
**PANELES DE HORMIGÓN**

<b>CODIGO DE PANEL</b>	<b>TIPO ALAMBRE</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>OJO (mm)</b>	<b>LARGO (mm)</b>	<b>ANCHO (mm)</b>
A-C-D	LISO	3,50	150	5980	480
B	LISO	3,50	150	890	480
F	LISO	3,50	150	1830	480
G	LISO	3,50	150	1960	480
H	CORRUGADO	4,00	100	2820	230

El primer tipo para código de panel ABC de panel correspondería a una medida para tres tipos de panel, que debían procesarse en planta con corte para adaptarla a cada una de los productos

específicos. Esto se debe a que son los códigos con menor cantidad en el diseño de la casa, y por esas cantidades el proveedor no garantizaba cantidades mínimas de entrega.

A continuación se presenta un diagrama de las mallas mencionadas:



**Figura 4.7. Plano de mallas compradas a proveedor**

Las mallas compradas al proveedor presentaban los inconvenientes que se detallan a continuación:

- Tiempo de respuesta de entrega de mallas es de 15 días a partir de la fecha del pago.
- Se realizan despachos parciales del pedido total por disponibilidad de transporte del proveedor.

- La programación de producción se debe realizar de acuerdo al stock de malla disponible.
- Las mallas para paneles A-C-D requerían aún ser procesadas en planta.
- El costo es ajustado al presupuesto, realizar la compra de un paquete de mallas para una casa tiene un valor de \$ 159.79, estando a la par con el presupuesto.

Estas desventajas originaron que se busquen mejores alternativas para el aprovisionamiento de mallas, para lo cual surgieron las siguientes alternativas de provisión:

**Alternativa A:** Comprar mallas en unidades estándar de 6.25 metros x 2.40 metros y procesarlas en planta a la medida requerida.

**Alternativa B:** Comprar varillas y procesarlas para obtener mallas en la medida requerida por soldadura eléctrica o MIG.

**Alternativa C:** Cambiar el diseño de malla del panel de hormigón.

La opción A de comprar mallas y ser procesadas fue descartada por ser: una opción más costosa (\$ 179.17 por casa), y porque se

necesitaba un mayor espacio de almacenamiento para las mallas de 6 x 2.40 metros.

La opción B fue descartada por el complejo proceso requerido, sin contar con los equipos necesarios, lo cual conllevaba a un costo mayor de procesamiento (\$ 246.58 por casa).

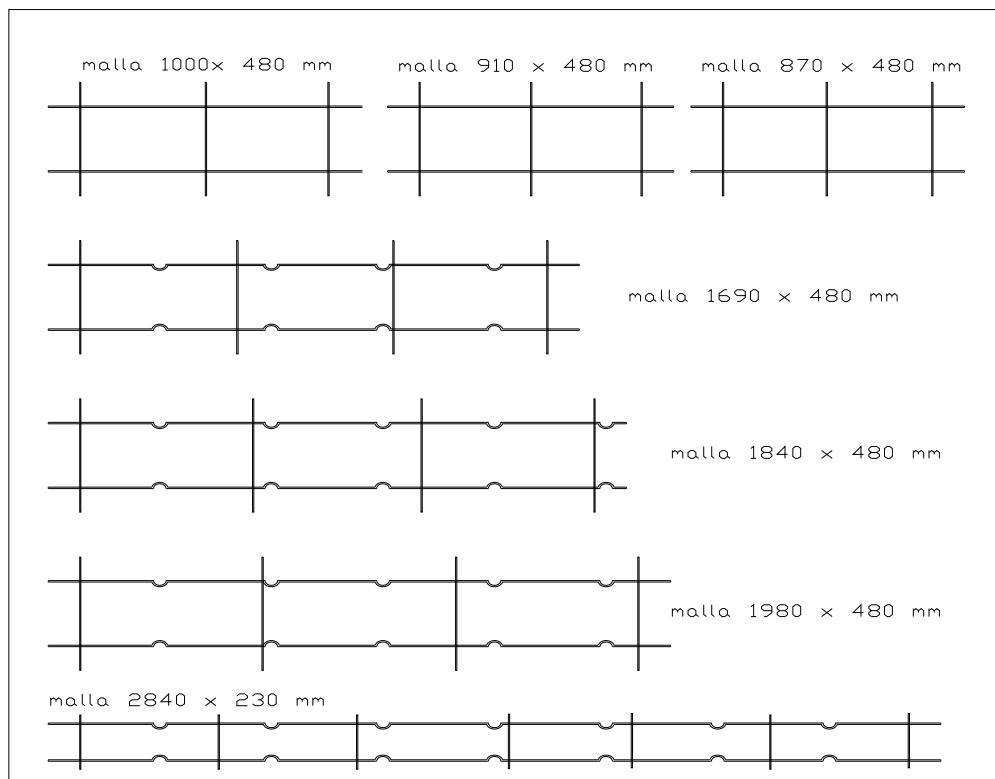
Se sugiere la opción C para la cual se tomaron las siguientes consideraciones: el diseño debía ser lo suficientemente sencillo para poder ser procesado por la planta de metales, no se debía desmejorar la calidad del panel de hormigón, y el proceso sería realizado con varillas compradas directamente al proveedor; para este nuevo diseño se sugirió lo siguiente:

- Sustituir todas las varillas longitudinales por dos varillas de 6 mm de diámetro, el aumento de espesor es debido a que soportan la carga de la pared, y se debe reemplazar el acero disminuido por reducción de varillas.
- Utilizar varillas transversales de 4 mm de diámetro ya que su función es amarrar la malla, no soportar carga, 2 varillas en las mallas de un metro o menos de longitud, 3 varillas en las mallas

entre uno y dos metros de longitud y 5 varillas en las mallas de más de 2 metros de largo.

- Realizar las uniones de las varillas a través de puntos de soldadura eléctrica.
- Realizar nervios (doblecés) en las varillas longitudinales a partir de la malla con longitud para panel código D para aumentar su resistencia a la flexión.

A continuación se presenta un diagrama de las mallas sugeridas:



**Figura 4.8. Plano de diseño de mallas sugerido**



Las varillas de 6 mm producto del corte de varillas longitudinales, produce retazos sobrantes los cuales pueden ser reprocesados como varillas transversales, haciendo más eficiente la utilización de materiales.

Todos aquellos retazos de varillas que no puedan ser reutilizados en el proceso se almacenarán en un área exclusiva de desecho de metal para posteriormente ser vendidas como chatarra.

Con los cambios sugeridos se estimaron los costos del nuevo proceso de acuerdo a la tabla adjunta:

**TABLA 26**  
**COSTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE MALLAS EN PLANTA**

RUBRO	COSTO	DESCRIPCIÓN
MATERIALES DIRECTOS	\$ 128,03	INCLUYE VARILLAS DE 4 Y 6 mm DE DIÁMETRO
MANO DE OBRA DIRECTA	\$ 11,13	INCLUYE PERSONAL DESTINADO AL PROCESO
COSTOS INDIRECTOS	\$ 4,81	INCLUYE INSUMOS, EPP'S, GASTOS DE CONSUMO
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 143,97</b>	

Detalle en ANEXO C

Los beneficios con estos cambios son:

- Reducción en el costo, un 9.90% por debajo del costo de compra de malla fabricada al proveedor.
- Control de producción e inventario de mallas.
- Tiempos de entrega reducidos a un día.

- Todas las medidas de mallas disponibles terminadas para uso directo en la planta de paneles de hormigón.

### **MEZCLA DE HORMIGÓN**

El hormigón constituye una mezcla de cemento, piedra, arena y agua en diferentes proporciones de acuerdo a la dureza deseada, su mayor fortaleza corresponde a la gran resistencia que presenta a la compresión después de un tiempo de fraguado.

La dosificación empleada fue propuesta después de análisis por el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) que propuso la siguiente dosificación:

**TABLA 27**  
**PROPORCIÓN EN PESO DE MATERIALES PARA UN METRO CÚBICO DE HORMIGÓN**

<b>MATERIAL</b>	<b>PESO (Kg)</b>
<b>CEMENTO</b>	297,79 Kg
<b>AGUA</b>	202,51 Kg
<b>ARENA</b>	677,07 Kg
<b>PIEDRA</b>	932,21 Kg

**Detalle en ANEXO B**

De acuerdo a la National Ready Mixed Concrete Association, es necesario ordenar una cantidad adicional entre el 4% y el 10% a la calculada por pérdidas e incrementos adicionales de espesor,

considerando esto, teóricamente el consumo de materiales debe mantenerse entre los siguientes límites (13):

**TABLA 28**  
**LÍMITES DE CONSUMO DE MATERIAL EN HORMIGÓN POR CASA**

<b>Métros cúbicos de concreto por casa</b>	<b>3,107</b>	
<b>Límites de material por casa (Kg)</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Mínimo Adicional (4%)</b>	<b>Máximo Adicional (10%)</b>
<b>Cemento</b>	962,24 Kg	1017,76 Kg
<b>Agua</b>	654,37 Kg	692,12 Kg
<b>Arena</b>	2187,8 Kg	2314,02 Kg
<b>Piedra</b>	3012,23 Kg	3186,01 Kg

A continuación se presenta en detalle cada material que compone la mezcla de hormigón.

#### **CEMENTO.**

En el país existen 4 marcas importantes de cemento, pero geográficamente en el área del Litoral la de mayor disponibilidad y acceso es la provista por HOLCIM, en menor cantidad se encuentra LAFARGE y no hay disponibilidad de cementos GUAPÁN ni CHIMBORAZO, estas dos últimas tienen su zona de influencia y ventas en la sierra centro y austro del país.

Para la selección del proveedor se consideraron los siguientes factores:

- **Tiempo de respuesta:** En afán de reducir cantidad y costos de mantener inventario, con el añadido que el cemento tiene una vida útil, se sugirió que el proveedor debía tener un tiempo de respuesta adecuado a la solicitud de material, idealmente inmediato, siendo este un factor clave se le asignó un 30% de ponderación, en base al menor tiempo de respuesta a un requerimiento.
- **Precio:** Siendo que el proyecto cuenta con presupuesto limitado, y la finalidad de reducir el costo de producción es un factor igualmente importante, se le asignó un 30% de ponderación desde el costo más bajo al más alto.
- **Lugar de entrega:** El proveedor debe ser capaz como valor añadido de entregar el producto en planta, evitando así mayores procesos logísticos y costos para la empresa, se le asignó un 20% de ponderación en base a si el proveedor garantiza el transporte y entrega o si es necesario adicionar la logística de entrega.
- **Abastecimiento suficiente:** El proveedor debe ser capaz de responder a cualquier incremento en la demanda de su producto y de cumplir con las entregas teniendo un

abastecimiento suficiente, se le asignó un 20% de ponderación, en base a la disponibilidad suficiente de material.

A continuación se presentan la tabla comparativa entre las 4 marcas representativas del país, calificándolas por cada factor y su respectiva ponderación:

**TABLA 29**  
**EVALUACIÓN DEL CEMENTO DISPONIBLE EN ECUADOR**

<b>EVALUACIÓN DEL CEMENTO DISPONIBLE EN ECUADOR</b>				
<b>PONDERACIÓN</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>
<b>CEMENTERA</b>	<b>TIEMPO DE RESPUESTA</b>	<b>PRECIOS (\$ por saco 50 Kg)</b>	<b>LUGAR DE ENTREGA</b>	<b>ABASTECIMIENTO SUFICIENTE</b>
<b>HOLCIM</b>	24 horas	\$ 6,38	Puesta en planta	OK
<b>LAFARGE CEMENTOS</b>	24 horas	\$ 6,50	Puesta en planta	OK
<b>CEMENTOS GUAPAN</b>	no disponible	\$ 6,89	Distribuidoras	OK
<b>CEMENTOS CHIMBORAZO</b>	no disponible	\$ 6,40	Distribuidoras	OK

<b>CEMENTERA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
<b>HOLCIM</b>	<b>100%</b>
<b>LAFARGE CEMENTOS</b>	95%
<b>CEMENTOS GUAPAN</b>	53%
<b>CEMENTOS CHIMBORAZO</b>	55%

Fuente: Distribuidores locales

De esta comparación se concluye que el único proveedor que cumple todos los requisitos como disponibilidad geográfica, menor costo y puesta del material en planta es HOLCIM, por lo cual fue seleccionada para proveer el cemento, a través de uno de los franquiciados distribuidores.

**AGUA.**

El agua requerida para procesar paneles de hormigón debe ser potable requiere estar libre de impurezas sólidas y de salinidad que puedan afectar a la mezcla de hormigón.

Semanalmente se seleccionan aleatoriamente muestras de agua en probetas, las mismas que mensualmente serán enviadas para análisis y garantizar el agua utilizada.

En caso de que el proveedor falle con la provisión se cuenta con una cisterna con capacidad para 64 metros cúbicos y adicionalmente la posibilidad de explotar un pozo profundo, el agua es provista por la única empresa disponible localmente, INTERAGUA. El consumo de agua por casa debe estar entre 0.65 y 0.69 metros cúbicos.

**ARENA.**

Para el proceso de producción de paneles de hormigón se requiere de arena la cual cumpla con la norma técnica ASTM C33, y que este libre de impurezas.

Localmente hay varios proveedores de arena tanto natural como producida, se contactó tres proveedores de los más representativos localmente, dos que proveen arena de río y un proveedor de arena homogenizada. Para la selección del proveedor idóneo se consideraron importantes los siguientes factores:

- **Precio:** Siendo que el proyecto cuenta con presupuesto limitado, y la finalidad de reducir el costo de producción es un factor igualmente importante, se le asignó un 40% de ponderación desde el costo más bajo al más alto.
- **Calidad certificada:** Siendo que el producto tiene un respaldo de calidad nos garantiza su utilización en el producto y la posibilidad de reducir desperdicios y defectos, se le asignó un 30% de ponderación en base a si dispone de certificados de calidad.
- **Plazo de entrega:** En base a los tiempos de respuesta del proveedor a los requerimientos de material se puede reducir inventarios con sus costos asociados y reducir el espacio requerido para su almacenamiento, se le asignó un 10% de ponderación en base a si la entrega es inmediata o posterior.

- **Abastecimiento suficiente:** El proveedor debe ser capaz de responder a cualquier incremento en la demanda de su producto y de cumplir con las entregas teniendo un abastecimiento suficiente, se le asignó un 20% de ponderación en base a si tiene siempre disponibilidad o puede tener cortes de aprovisionamiento.

A continuación se presentan la tabla comparativa entre las 3 canteras proveedoras más significativas localmente, calificándolas por cada factor y su respectiva ponderación:

**TABLA 30**  
**EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES LOCALES DE ARENA**

PONDERACIÓN		40%	30%	10%	20%
PROVEEDOR	PRODUCTO	PRECIO	CALIDAD CERTIFICADA	PLAZO DE ENTREGA	ABASTECIMIENTO SUFICIENTE
Cantera El Paraiso	Arena Fina	\$ 110 volqueta de 8 m3 (incluye transporte)	No	1 día, realizado el pago	Dependiendo de la época
Cantera Bustamante	Arena Fina	\$ 110 volqueta de 8 m3 (incluye transporte)	No	1 día, realizado el pago	Dependiendo de la época
Calizas Huayco	Arena Homogeniza	\$ 110,24 volqueta de 8 m3 + \$ 30 de transporte	Sí	Inmediato, realizado el pago	Siempre

PROVEEDOR	PRECIO	CALIDAD CERTIFICADA	PLAZO DE ENTREGA	ABASTECIMIENTO SUFICIENTE	TOTAL
PONDERACIÓN	40%	30%	10%	20%	100%
Cantera El Paraiso	40%	0%	8%	10%	58%
Cantera Bustamante	40%	0%	8%	10%	58%
Calizas Huayco	31%	30%	10%	20%	<b>91%</b>

Fuente: Proveedores locales



De esta comparación se concluyó que el proveedor con mayor calificación de los requisitos como calidad garantizada, plazos inmediatos de entrega y suficiente abastecimiento, siendo su única desventaja frente a otros competidores su mayor costo; en base a la calificación obtenida se seleccionó a CALIZAS HUAYCO como proveedor de arena, a través de su producto arena homogenizada.

### **PIEDRA**

De acuerdo al espesor del panel de hormigón, y en concordancia con la norma ASTM C33, el tamaño ideal para realizar la mezcla de hormigón es la piedra #67, pudiendo tener como productos sustitutos la piedra #57 y la piedra  $\frac{3}{4}$ .

Localmente hay varias canteras proveedoras de estos tamaños de piedra, se identificaron cuatro proveedores de los más representativos localmente, 1 de los cuales dispone de los tres tipos de piedra, otro dispone de los dos productos sustitutos y los otros dos disponen de uno de los productos sustitutos. Para la selección del proveedor idóneo se consideraron los siguientes factores:

- **Producto:** Es importante que el proveedor disponga del tamaño ideal de piedra para el proceso, se le asignó una ponderación de 30% en base a la disponibilidad del tamaño de piedra requerido.
- **Precio:** Siendo que el proyecto cuenta con presupuesto limitado, y la finalidad de reducir el costo de producción es un factor igualmente importante, se le asignó un 40% de ponderación desde el costo más bajo al más alto.
- **Producto alternativo:** El proveedor debe ser capaz de ofrecer productos sustitutos en caso de alguna eventualidad con el material requerido, se le asignó un 10% de ponderación en base a la cantidad de productos sustitutos disponibles.
- **Pedido mínimo:** Hay proveedores que exigen un pedido mínimo para vender su producto, el cual mientras más alto sea implica un mayor gasto inicial, se le asignó un 10% de ponderación, en base a aquellos proveedores que no exigen pedido mínimo contra los que lo solicitan.
- **Plazo de entrega:** En base a los tiempos de respuesta del proveedor a los requerimientos de material se puede reducir inventarios con sus costos asociados y reducir el espacio requerido para su almacenamiento, se le asignó un 10% de

ponderación en base al tiempo inmediato o mayor de respuesta del proveedor.

A continuación se presenta la tabla comparativa entre las 3 canteras proveedoras más significativas localmente, calificándolas por cada factor y su respectiva ponderación:

**TABLA 31**  
**EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES LOCALES DE PIEDRA**

<b>EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES LOCALES DE PIEDRA</b>					
<b>PONDERACIÓN</b>	<b>30%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>
<b>PROVEEDOR</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PRODUCTO ALTERNO</b>	<b>PEDIDO MÍNIMO</b>	<b>PLAZO DE ENTREGA</b>
Cantera San Luis	Piedra # 57	\$ 75 volqueta de 8 m3 + \$ 30 de transporte	Sí, Piedra 3/4'	8 m3	Inmediato, realizado el pago
C.V. Hormigones S.A.	Piedra 3/4'	\$ 77,14 volqueta de 8 m3 + \$ 30 de transporte	No	225 m3	1 día, realizado el pago
Cantera Bustamante	Piedra 3/4'	\$ 115 volqueta de 8 m3 (incluye transporte)	No	8 m3	1 día, realizado el pago
Calizas Huayco	Piedra # 67	\$ 71,05 volqueta de 8 m3 + \$ 30 de transporte	Sí, Piedra # 57, Piedra 3/4'	8 m3	Inmediato, realizado el pago

<b>PROVEEDOR</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PRODUCTO ALTERNO</b>	<b>PEDIDO MÍNIMO</b>	<b>PLAZO DE ENTREGA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PONDERACIÓN</b>	<b>30%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>100%</b>
Cantera San Luis	20%	38%	5%	10%	10%	83%
C.V. Hormigones S.A.	10%	38%	0%	0%	0%	48%
Cantera Bustamante	10%	35%	0%	10%	0%	55%
Calizas Huayco	30%	40%	10%	10%	10%	100%

**Fuente: Proveedores locales**

De esta comparación se concluyó que el proveedor con mayor calificación en todos los requisitos como producto idóneo para la mezcla, menor costo del material, disponibilidad de materiales sustitutos, pedido mínimo sin restricciones de cantidad y plazos inmediatos de entrega; en base a la calificación obtenida se

seleccionó a CALIZAS HUAYCO como proveedor de piedra a través de su producto piedra #67.

## **5°. PROCESO DE MANUFACTURA**

El proceso de manufactura inicial era de tipo empírico en el cual todas las actividades a lo largo del proceso eran realizadas por personas, se buscaron oportunidades de mejora en base a ese diseño inicial que faciliten el proceso de manufactura. A continuación se describen todos los cambios realizados:

### **Cambio de agregados para mezcla.**

Se seleccionaron los agregados para la mezcla, que eran originalmente comprados a canteras específicas; debido a que la arena contenía elementos que afectaban a la mezcla, no era una arena limpia y lavada y ocasionaba que los paneles de hormigón se vieran ocasionalmente afectados su dureza, la piedra  $\frac{3}{4}$  utilizada inicialmente era demasiado grande para el espesor del panel de hormigón, por lo cual se buscó un tamaño de piedra que se adapte mejor al molde sin que sea una piedra demasiado pequeña, los criterios de decisión utilizados para seleccionar al mejor proveedor fueron detallados en la sección de materiales.

### **Cambio de carretillas por parihuelas en carga de agregados.**

Se eliminó el uso de carretillas las cuales no permitían el control de cantidad de material de agregados utilizados en mezclado. Estas fueron cambiadas por parihuelas diseñadas de acuerdo a la cantidad de material requerido que estas transporten, con medidas sugeridas por el LEM (0.40 x 0.40 x 0.19 m). Adicionalmente a las parihuelas se las dotó de un fondo y paredes de plancha fina metálica para reducir el desperdicio generado en el transporte de las mismas.



**Figura 4.9. Parihuelas empleadas para carga de agregados**

Las parihuelas con las dimensiones especificadas permiten el transporte de las siguientes cantidades de material:

**TABLA 32**  
**DIMENSIONES Y PESO A CARGAR POR PARIHUELAS**

DIMENSIONES DE PARIHUELA		
ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)
0,40	0,40	0,19

PESO MATERIAL A TRANSPORTAR (Kg)			
ARENA		PIEDRA	
PESO REQUERIDO X SACO MEZCLADO	113,68	PESO REQUERIDO X SACO MEZCLADO	156,52

Detalle en ANEXO B

**Mecanización de la operación de mezclado.**

La operación de mezclado era tipo artesanal realizada manualmente a través de las siguientes actividades:

**TABLA 33**  
**ACTIVIDADES EN MEZCLADO MANUAL**

ACTIVIDAD: Mezclado manual con 4 operarios	
PUNTO INICIAL: Carga de materiales agregados	
SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario 1 espera por carga de carretilla con piedra
2	Operario 1 transporta carretilla de piedra a mezclado
3	Operario 1 descarga carretilla de piedra
4	Operarios 3 y 4 con palas dan forma a materiales
5	Operarios 3 y 4 abren sacos de cemento
6	Operarios 3 y 4 descargan 2 sacos de cemento en materiales
7	Operario 3 descarga agua sobre mezcla
8	Operario 4 mezcla materiales
9	Operario 2 espera por carga de carretilla con arena
10	Operario 2 transporta carretilla de arena a mezclado
11	Operario 2 descarga carretilla de arena
12	Operarios 3 y 4 mezclan materiales
13	Operario 3 descarga agua sobre mezcla
14	Operario 1 espera por carga de carretilla con piedra
15	Operario 1 transporta carretilla de piedra a mezclado
16	Operario 1 descarga carretilla de piedra
17	Operarios 3 y 4 mezclan materiales

<b>ACTIVIDAD:</b> Mezclado manual con 4 operarios	
<b>PUNTO INICIAL:</b> Carga de materiales agregados	
<b>SECUENCIA</b>	<b>ELEMENTO</b>
18	Operario 2 espera por carga de carretilla con arena
19	Operario 2 transporta carretilla de arena a mezclado
20	Operario 2 descarga carretilla de arena
21	Operario 3 descarga agua sobre mezcla
22	Operarios 3 y 4 mezclan materiales
23	Operario 1 espera por carga de carretilla con piedra
24	Operario 1 transporta carretilla de piedra a mezclado
25	Operario 1 descarga carretilla de piedra
26	Operario 3 descarga agua sobre mezcla
27	Operarios 3 y 4 mezclan materiales
<b>SIGUIENTE PUNTO:</b> Carga de mezcla en baldes de transporte	

Pero a esta forma de mezclado manual con palas se le identificaron las siguientes deficiencias:

- El tiempo en que se mezclaban 2 sacos de cemento era de aproximadamente entre 10 a 12 minutos.
- Requería un amplio espacio físico sobre el piso para desarrollar esta labor (5 metros de largo por 5 metros de ancho).
- No se garantizaba homogeneidad en la mezcla.
- Se requería un paleo continuo para evitar que la mezcla empiece a endurecer, y no es posible palear toda la mezcla al mismo tiempo.
- No se podía controlar adecuadamente el consumo de materiales agregados ni la relación de agua.

- No se podía preparar una mezcla hasta que no se consuma la inicialmente preparada, lo cual tomaba un tiempo aproximado de 4 minutos.



**Figura 4.10. Mezclado manual**

De las dificultades presentadas se planteó como opción mecanizar esta actividad a través del uso de una mezcladora la cual presentó los siguientes beneficios:

- Costo de inversión moderado (\$ 3500 con motor eléctrico por mezcladora).
- Capacidad de 500 litros para preparar por saco de cemento.
- Reducción ostensible de tiempo de preparación (aproximadamente 5 minutos por parada).



- Espacio físico delimitado tanto para la máquina como para la mezcla descargada (3.50 metros de ancho por 4 metros de largo).
- Se garantizó homogeneidad en la mezcla de materiales, a través de las aspas en el interior de la boca de la mezcladora.
- La máquina se encuentra mezclando permanentemente los materiales evitando su rápido fraguado y el toda la mezcla esta en continuo proceso de mezclado.
- Control de consumo de materiales a través de parihuelas e agregados y baldes de agua medidos en agua.
- Una vez terminada y descargada la mezcla es posible iniciar un nuevo mezclado mientras se consume la mezcla fresca.



**Figura 4.11. Mezclado asistido por máquina**

### **Cambio de elemento para aporte de agua a la mezcla.**

En el proceso actual el agua era aportada a la mezcla a través de un balde en la cual la cantidad de agua era medida empíricamente por el operario que maneja la mezcladora, actividad a través de la cual se identificaron las siguientes deficiencias:

- No había control exacto en la relación agua-cemento afectando la consistencia del material.
- Podía requerir varias aportaciones de agua en función de la cantidad tomada cada vez con el balde.
- La mezcla podía llegar a pegarse en las paredes de la mezcladora ocasionando retrasos en la labor.

Para corregir estas deficiencias se planteó el cambio de esta actividad a través de cambiar el elemento de aporte y contenedor del agua, para lo cual se partió del requerimiento de agua planteado por el LEM.

**TABLA 34**  
**PROPORCIÓN EN PESO DE MATERIALES POR PARADA DE MEZCLA**

<b>MATERIAL</b>	<b>PROPORCIÓN EN PESO PARA UN m3 DE CONCRETO</b>	<b>PROPORCIÓN EN PESO PARA UNA PARADA DE MEZCLA</b>
<b>CEMENTO</b>	297,79 Kg	50, Kg
<b>AGUA</b>	202,51 Kg	34, Kg
<b>ARENA</b>	677,07 Kg	113,68 Kg
<b>PIEDRA</b>	932,21 Kg	156,52 Kg

**Detalle en ANEXO B**

Es decir que por cada saco de hormigón preparado en la mezcladora se requieren 34 kg de agua, considerando la densidad del agua de  $1 \text{ gr/cm}^3$ , representaría 34 litros de agua.

Debido al peso que representa en agua, y considerando los límites de carga de NIOSH (donde se establece como constante de carga de 23 kg) se estableció el aporte de agua en 3 cargas de 11.5 litros de agua (kilogramos de agua) cada una, dando un total de 34.5 litros de agua; el margen de 0.5 litros es para pérdidas de agua en el movimiento del balde de agua del tanque de almacenamiento a la boca de la mezcladora.

El balde tomado como referencia y modificado para cumplir la cantidad de agua requerida tiene 24 cm de diámetro y 30 cm de alto, de forma cilíndrica, para que lleve la cantidad de 11.5 litros se requiere que el volumen posible a transportar sea de  $11500 \text{ cm}^3$  por carga.

Con estas consideraciones el balde se modificó creando aberturas a la altura de 25.4 cm de alto, que permitan el desfogue de agua en la carga de agua, y con el diámetro de 24 cm el volumen de

agua cargado es de 11.5 litros de agua. Estos cambios trajeron los siguientes beneficios al proceso:

- Control de relación agua-cemento idóneo y de acuerdo al recomendado.
- Se fijó y estandarizaron las aportaciones de agua en 3 cargas por cada saco de cemento preparado en la mezcladora.
- Se redujo el tiempo de aportación de agua ya que el operario no requiere verificar la cantidad de agua a colocar, solo llena el balde y los espacios de desfogue de agua adecuan la cantidad.
- La mezcla no se pegaba en las paredes de la mezcladora con la cantidad adecuada de agua.

### **Cambio de lugar de descarga de hormigón fresco de la mezcladora.**

Cuando la mezcla esta lista por el proceso de mezclado con mezcladora, se procede a la descarga a través de la boca de la máquina, la cual se realizaba sobre el piso, inicialmente esta tenía algunas desventajas:

- La mezcla se regaba sobre el piso de manera no uniforme.
- El paleador de mezcla tenía complicaciones en cargar la mezcla en los recipientes de transporte.

- No se aprovechaba toda la mezcla generada por el proceso de mezclado.

Para remediar esta situación se implementó en la zona de descarga de la mezcladora una plancha metálica con bordes en la cual se contendría la mezcla generada, esto permitió:

- Que la mezcla descargada tenga un área delimitada de acción.
- Delimitó el área de trabajo del paleador de mezcla.
- El operario paleador de mezcla tenía mayores facilidades de cargar la mezcla en los recipientes utilizando los bordes para recoger la mezcla.
- Se utilizó mejor la mezcla generada por la mezcladora.



**Figura 4.12. Área de descarga de mezcla**

### **Estandarización de elementos de transporte de hormigón fresco.**

La mezcla era transportada desde al área de mezclado al área de hormigonado por medio de baldes, los cuales presentaban las siguientes desventajas:

- No contaban con una agarradera adecuada.
- Tenían diversas medidas haciendo que uno u otro cargador lleven distintas cantidades de material.



**Figura 4.13. Baldes usados para transporte de mezcla**

Para esto se sugirió la estandarización de carga y baldes de transporte con agarraderas adecuadas, los cuales debían reunir las siguientes características:

- Una agarradera adecuada que permita su fácil levantamiento.
- Transportarlos sobre el hombro.
- Llevar una carga de máximo 17.5 kg (por la condición de carga por debajo de los 23 kg, constante de carga de NIOSH).
- Utilizar guantes de caucho para evitar el contacto de las manos con la mezcla.
- Utiliza una protección acolchonada sobre el hombro.



Figura 4.14. Carga de balde sugerido para mezcla

### **Implementación de binchas de agarre en bases y marcos de moldes.**

Los paneles al momento del control de calidad se ha verificado que sus medidas suelen sobrepasar las tolerancias de espesor,

especialmente notorio en los paneles de hormigón de 2860 mm de longitud; esto causa las siguientes complicaciones:

- Se requiere mayor consumo de materiales.
- Requiere un mayor tiempo de hormigonado.
- Requiere reprocesos cuando es identificado.
- No permite un adecuado almacenamiento.
- Presenta dificultades en la puesta en obra.

A través de un análisis de causas se identificaron los siguientes motivos:

- Marcos de moldes eran móviles, no están fijos en la base del molde.
- Durante el hormigonado la mezcla se escurría por debajo del marco aumentando la altura.

Para reducir la incidencia de estas causas, se implementaron binchas desmontables de agarre durante la preparación de moldes, que fijaron el marco con el molde, no permitiendo que se muevan ni que se levanten durante el hormigonado.





Figura 4.15. Binchas de agarre para fijar marcos y base de moldes

### **Cambio de diseño de marcos de moldes.**

El cambio de diseño de marcos de moldes y sus beneficios fue presentado previamente en la sección de Diseño del producto.

## **6°. PREPARACIÓN Y HERRAMIENTAS**

### **PREPARACIÓN**

El proceso de producción de paneles de hormigón inicia con la carga de materiales previo a su uso en las mezcladoras de hormigón, antes del inicio de cada jornada se emplean actividades y tiempos de preparación, en general estas acciones se describen a continuación en los tiempos del proceso empírico:

**TABLA 35**  
**TIEMPOS ACTUALES DE PREPARACIÓN Y PARADAS PLANIFICADAS**

DESCRIPCIÓN	HORA INICIO	HORA FINALIZACIÓN	DURACIÓN (min)
Ingreso de personal y cambio de ropa	08:00	08:10	10
Obtención herramientas y EPP's	08:10	08:15	5
Preparación máquinas y moldes	08:15	08:25	10
Almuerzo y tiempo de descanso	12:00	13:00	60
Reporte de producción del día	16:30	16:35	5
Limpieza del área de trabajo	16:35	16:50	15
Devolución de herramientas y EPP	16:50	17:00	10

Con este cronograma de trabajo y el proceso empírico se realizaron pruebas de trabajo durante una semana laboral, en la cual se presentaron paradas no planificadas, las cuales provocaron retrasos en la producción, y que mermaron el tiempo disponible total, llegando a representar el 16% del tiempo disponible para producción, esto se presenta en detalle en el siguiente cuadro:

**TABLA 36**  
**TIEMPOS DE PARADAS NO PLANIFICADAS**

TIEMPO DISPONIBLE PRODUCCIÓN DURANTE 1 SEMANA (min)		2550	
DESCRIPCIÓN	TIEMPO OCURRIDO (min)	PESO	PESO ACUMULADO
Paralización de personal	212,5	51,5%	52%
Retraso de proveedor en entregar MP	60	14,5%	66%
Falta de coordinación en entrega de MP	60	14,5%	81%
Daño de maquinaria	40	9,7%	90%
Corte de energía eléctrica	40	9,7%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>412,5</b>	<b>100%</b>	

Con los cuadros e información anterior fue posible presentar el estimado de información por día a continuación:

**TABLA 37**  
**DISPONIBILIDAD Y RENDIMIENTOS DE TIEMPO ACTUALES**

ACCIONES X DÍA	Tiempo (min)
<b>Jornada de trabajo diario (08:00 - 17:00)</b>	540
<b>Tiempo diarios de preparación planificados</b>	115
<b>Tiempo disponible diario planificado producción</b>	425
<b>Disponibilidad tiempo (considerando paradas no planificadas)</b>	84%
<b>Tiempo estimado disponible de producción diario</b>	356,5
<b>% Tiempo total empleado en producción diario</b>	66%

De acuerdo a la información previa, en turnos diarios de 9 horas (8:00 – 17:00) se contaba con un tiempo de paradas planificadas de 1.92 horas diarias con un tiempo disponible de producción planificado de 7.08 horas, con una disponibilidad de tiempo de 84%, afectado por las causas siguientes causas:

- Paralización del personal media jornada del sexto día por no acuerdo con el pago que se les iba a realizar, la cual es una variable controlable por la empresa.
- Retraso de proveedor en entrega de material el tercer día que debió abastecer a primera hora en la mañana y llegó casi una hora más tarde, el servicio del proveedor es una variable no controlable pero si es controlable la elección del proveedor.
- Falta de coordinación en entrega de materiales del proveedor, ya que en planta se requería arena y el proveedor entregó primero todos los viajes de piedra, causando un retraso de una

hora, el servicio del proveedor es una variable no controlable pero si es controlable la elección del proveedor.

- Daño de maquinaria, ya que la banda de la mezcladora se rompió y no hubo disponibilidad en planta del repuesto al momento causando un retraso de 40 minutos, variable controlable por la empresa.
- Corte de energía eléctrica en el sector, variable no controlable por la empresa aunque podría tomarse medidas para mitigar su impacto.

Con la experiencia previa y considerando los factores no controlables ni planificados, se planteó como objetivo una disponibilidad de tiempo del 95% y para corregir los problemas que provocaron paradas no planificadas se implementaron las siguientes acciones:

- Las paralizaciones del personal debido diferencias en el pago; se planteó la solución con un acuerdo y firma de contrato con el personal con el valor indicado a pagar por destajo, con pagos quincenales, y en caso de no cancelación el día 15 o fin de mes con gracia de 2 días para liquidar pago y no paralizar la producción.

- Retraso de proveedor en entrega de agregados (piedra y arena), que fue corregido con el cambio de proveedor a uno más confiable y con mayor stock de material, con capacidad de realizar entregas inmediatas, y que fue analizado en la sección de materiales.
- Falta de coordinación en entrega de materiales, ocasionado por la no comunicación de la compra de materiales entre el departamento de compras y producción, fue necesario establecer un plan de requerimiento de materiales (ANEXO D), además del cambio de proveedor visto en la sección de materiales.
- Se estableció un programa de uso y mantenimiento preventivo para maquinarias que eviten o reduzcan las paradas no planificadas por averías (ANEXO E).
- En el caso de cortes de energía eléctrica, se realizó la compra de un motor adicional a diesel (\$ 500 cada uno) para la mezcladora, con capacidad de funcionar medio día, y así minimizar el impacto por este motivo, no se eliminó el tiempo perdido pero se minimiza ya que al haber un corte de energía el tiempo de cambio de motor toma alrededor de 10 minutos.

En lo concerniente a los tiempos de paradas planificadas por ingreso, preparación, etc. Se plantean las siguientes acciones encaminadas a mejorar el tiempo disponible de producción:

- El ingreso y cambio de ropa se realiza 10 minutos previos al inicio de la jornada de trabajo, es decir no será parte del tiempo disponible de trabajo, ya que marcan el inicio de jornada a las 8:00.
- La limpieza del área de trabajo se realiza al cerrar la jornada a las 18:00 y se realizará los reportes de producción y entrega de herramientas.

Adicionalmente por razones que se plantearán en el balanceo de línea, la jornada laboral se extendió en una hora, la cual se paga como extra con recargo al personal de acuerdo a lo dispuesto en la ley, con lo cual su jornada de trabajo corresponde de 8:00 a 18:00.

Con los cambios realizados, excluyendo tiempos de preparación de la jornada laboral, el detalle de actividades se presenta a continuación:

**TABLA 38**  
**TIEMPOS SUGERIDOS DE PREPARACIÓN Y PARADAS PLANIFICADAS**

DESCRIPCIÓN	HORA INICIO	HORA FINALIZACIÓN	DURACIÓN (min)
Ingreso y cambio de ropa	07:35	07:45	10
Obtención herramientas y EPP	07:45	07:50	5
Preparación máquinas y mesas	07:50	08:00	10
Almuerzo/descansos	12:00	12:30	30
Limpieza del área de trabajo	17:40	17:55	15
Reporte diario de producción	17:55	18:00	5
Devolución de herramientas y EPP	18:00	18:05	5

**TABLA 39**  
**DISPONIBILIDAD Y RENDIMIENTOS DE TIEMPOS PLANEADOS**

ACCIONES X DÍA	Tiempo (min)
Jornada de trabajo diario (08:00 - 18:00)	600
Tiempo diarios de paradas planificadas	50
Tiempo disponible diario planificado producción	550
Disponibilidad tiempo (considerando paradas no planificadas)	97%
Tiempo estimado disponible de producción diario	533.5
% Tiempo total empleado en producción diario	89%

El tiempo disponible diario planificado de producción aumentó aproximadamente un 30%, y se redujeron las paradas no planificadas, mejorando en un 26% la disponibilidad de tiempo total, con lo cual se obtuvo un tiempo de aproximadamente 2 horas con 57 minutos adicionales por día para producción, una mejora del 50% respecto del tiempo total empleado anteriormente.

## HERRAMIENTAS

En el proceso de producción de paneles de hormigón cada actividad requiere de distintas herramientas, de las cuales se han

tomado las necesarias en las cantidades requeridas, con la finalidad de cubrir el trabajo generado y no tener exceso de gastos por este concepto.

La cantidad de herramientas depende de la cantidad de personas por actividad pero a continuación se detallan las herramientas requeridas por proceso por persona o grupo de trabajo:

**TABLA 40**  
**HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL POR ACTIVIDAD**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ARMADO DE MESAS Y MOLDES</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Escoba	1 x 2 personas	Para limpiar superficie de base de moldes
Espátula	1 x persona	Para retirar exceso de mezcla en moldes
Brocha 4'	1 x persona	Para colocar desmoldante en moldes
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de lana	1 par x persona	Para evitar ampollas en las manos

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGA DE AGREGADOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Pala punta cuadrada	1 x persona	Para cargar arena
Pala punta redonda	1 x persona	Para cargar piedra
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Gorra/Sombrero	1 x persona	Para protección facial del sol
Guantes de lana	1 par x persona	Para evitar ampollas en las manos



ACTIVIDAD	MEZCLADO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DETALLE
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Parihuelas (0,40x0,40,19 m)	14 x grupo	Para transportar agregados
Balde medido para agua	1 x grupo	Para transportar agua
Pala punta cuadrada	2 x grupo	Para cargar mezcla en baldes
Espátula	1 x grupo	Para material atascado en mezcladora
Cuchilla de mano	1 x grupo	Para abrir sacos de cemento
Engrasadora	1 x grupo	Para colocar grasa en mezcladora
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de lana	1 par x persona	Para evitar ampollas en las manos
Mascarilla	3 x grupo	Para evitar absorber polvo de cemento
Botas de caucho	1 x grupo	Para facilitar trabajo de paleador de mezcla

ACTIVIDAD	TRANSPORTE MEZCLA	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DETALLE
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Baldes plásticos tipo caneca	2 x persona	Para transportar mezcla fresca
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de caucho	1 par x persona	Para evitar contacto de mezcla con manos
Protección de hombro	1 x persona	Para cargar producto sobre hombro

ACTIVIDAD	HORMIGONADO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DETALLE
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Bailejo	1 x persona	Para distribuir mezcla en molde
Llana (0,55 m)	1 x persona	Para dar acabado preliminar a panel
Llana (0,30 m)	1 x persona	Para dar acabado preliminar a panel
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de caucho	1 par x persona	Para evitar contacto de mezcla con manos

ACTIVIDAD	ACABADO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DETALLE
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Paleta	1 x persona	Para dar acabado a panel
Balde plástico tipo galón	1 x persona	Para regar cemento en superficie de panel
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de lana	1 par x persona	Para evitar contacto de mano con cemento
Mascarilla	3 x grupo	Para evitar absorber polvo de cemento

ACTIVIDAD	DESALOJO DE PRODUCTO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DETALLE
<b>HERRAMIENTAS DE TRABAJO</b>		
Martillo	1 x 2 personas	Para aflojar marcos de panel
Flexómetro	1 x 2 personas	Para controlar medidas de panel
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>		
Guantes de cuero	1 par x persona	Para evitar ampollas en las manos
Protección de hombro	1 x persona	Para cargar producto sobre hombro

## **7°. MANEJO DE MATERIALES**

El manejo de materiales representa las formas como se almacenan y movilizan los mismos a lo largo del proceso desde sus fuentes hasta su punto de uso, pudiendo ser desde materia prima, subproductos del proceso hasta el producto final.

A continuación se presentan cuadros que describen 4 aspectos básicos de cada material, subproducto y producto generado que son los siguientes:

- La descripción del material a la que se hace referencia.
- El tipo de material, que depende del estado físico de cada uno pudiendo ser líquidos, sólidos al granel, sólidos unitarios, sólidos en estado plástico, gaseosos, etc.
- La medida que se usa para controlar el consumo del material.
- El tipo de movilización que se utiliza desde su punto de almacenamiento al punto de uso.

La materia prima que se emplea en la fabricación de paneles de hormigón y su manejo se presenta en el siguiente cuadro:

**TABLA 41**  
**TABLA DE CUALIDADES DE MATERIA PRIMA DE PANELES DE**  
**HORMIGÓN**

<b>MATERIA PRIMA DE PANELES DE HORMIGÓN</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>MOVILIZACIÓN</b>
Agua	Líquido	Volumétrico	Balde
Arena homogenizada	Granel	Volumétrico	Parihuela
Cemento IP	Granel	Peso	Saco
Piedra #56	Granel	Volumétrico	Parihuela

Todos estos materiales se utilizan en el área de mezclado, a continuación se describen uno a uno los mismos y su manipulación:

### **AGUA**

El agua se utiliza para plastificar temporalmente la mezcla de arena, piedra y cemento en mezcla de hormigón, es provista por parte de la empresa de agua potable a través de las redes públicas.

Se implementó un punto de almacenamiento para su uso continuo en el área de mezclado por medio de un tanque de 500 litros, provisto continuamente por una bomba a través de una red de tuberías desde una cisterna de 64 m<sup>3</sup>; para su utilización en el mezclado se utiliza un balde medido, para controlar la cantidad utilizada.

**TABLA 42**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: AGUA**

<b>MATERIAL</b>		<b>Agua potable</b>			
<b>PROVEEDOR</b>	INTERAGUA	<b>MEDIO</b>	Red de abastecimiento	<b>MEDIDA</b>	Volumétrica
<b>ALMACENAMIENTO INTERNO</b>	Cisterna	<b>CAPACIDAD</b>	64 m3		
<b>TRANSPORTE INTERNO</b>	Red de tuberías	<b>UTILIZACIÓN EN PUESTO</b>	Balde medido	<b>MEDIDA</b>	Volumétrico

Como se sugirió en etapas anteriores está considerado el uso de un balde modificado para controlar la cantidad de agua utilizada.

### **ARENA**

La arena utilizada en la mezcla de hormigón, es provista por la empresa CALCAREOS HUAYCO a través de volquetas de 8 metros cúbicos.

Se destinó un área de almacenamiento sobre el piso cerca al área de destino que es el mezclado, para su transportación se carga el material utilizando parihuelas, con medidas de acuerdo a las recomendaciones fijadas en el diseño del material, que además permite llevar el control de consumo del producto.

**TABLA 43**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: ARENA HOMOGENIZADA**

<b>MATERIAL</b>		<b>Arena homogenizada</b>			
<b>PROVEEDOR</b>	HUAYCO	<b>MEDIO</b>	Volquetas	<b>MEDIDA</b>	Peso y/o volumétrico
<b>ALMACENAMIENTO INTERNO</b>	Piso	<b>CAPACIDAD</b>	12 - 14 volquetas		
<b>TRANSPORTE INTERNO</b>	Parihuelas	<b>UTILIZACIÓN EN PUESTO</b>	Parihuelas	<b>MEDIDA</b>	Volumétrica

### **CEMENTO**

El cemento es utilizado en la mezcla de hormigón, como material que al fraguarse endurece, es provista por parte de la empresa HOLCIM a través de sus distribuidores franquiciados DISENSA en vehículos tipo plataforma.

Se distribuyó un área de almacenamiento disponible para 1250 sacos en stock de reserva y 300 sacos para stock delantero para su uso continuo cerca al área de mezclado, para su utilización en el mezclado se carga el material directamente del saco en la boca de la máquina, se encuentran en áreas secas cubiertas y protegidas del agua que eviten el endurecimiento del material previo a su uso.

**TABLA 44**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: CEMENTO**

MATERIAL		Cemento			
PROVEEDOR	DISENSA	MEDIO	Plataformas	MEDIDA	Sacos y/o peso
ALMACENAMIENTO INTERNO	Pallets sobre piso	CAPACIDAD	1250 reserve 300 picking		
TRANSPORTE INTERNO	Sacos	UTILIZACIÓN EN PUESTO	Sacos	MEDIDA	Peso

Los sacos de cemento deben ser abiertos en la parte superior con el mayor cuidado para evitar que se rompa toda la envoltura, estas envolturas se utilizan al final del día para contabilizar la producción realizada y corresponder en los inventarios y producción obtenida, adicionalmente los sacos son reciclados y vendidos generando un valor de retorno para la empresa (\$0.05 por cada saco en buen estado).

### PIEDRA

La piedra utilizada en la mezcla de hormigón, es provista por parte de la empresa CALCAREOS HUAYCO a través de volquetas de 8 metros cúbicos.

Se destinó un área de almacenamiento sobre el piso cerca al área de destino que es el mezclado, para su utilización en el mezclado se carga el material utilizando parihuelas, con medidas de acuerdo

a las recomendaciones fijadas en el diseño del material, que además permite llevar el control de consumo del producto.

**TABLA 45**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: PIEDRA #56**

<b>MATERIAL</b>		<b>Piedra # 56</b>			
<b>PROVEEDOR</b>	HUAYCO	<b>MEDIO</b>	Volquetas	<b>MEDIDA</b>	Peso y/o volumétrico
<b>ALMACENAMIENTO INTERNO</b>	Piso	<b>CAPACIDAD</b>	16 - 18 volquetas		
<b>TRANSPORTE INTERNO</b>	Parihuelas	<b>UTILIZACIÓN EN PUESTO</b>	Parihuelas	<b>MEDIDA</b>	Volumétrica

Los materiales agregados (piedra y arena) son transportados en parihuelas de madera con un fondo de plancha fina metálica, que reduce el desperdicio de material que las parihuelas de madera normales.

Posterior al proceso de mezclado se origina un subproducto que al combinarse con las mallas de acero (que provienen de otro proceso independiente dentro de la planta), en los moldes formarán los paneles de hormigón; estos subproductos son los siguientes:

**TABLA 46**  
**TABLA DE CUALIDADES DE SUB PRODUCTOS DE LOS PROCESOS**

<b>SUB PRODUCTOS DE LOS PROCESOS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>MOVILIZACIÓN</b>
Malla armada	Unidad	Unitario	Manual
Mezcla de hormigón	Plástico	Peso	Balde

Ambos subproductos son utilizados en el área de hormigonado, a continuación se describen uno a uno los mismos y su manipulación:

#### **MALLA SOLDADA**

Las mallas son utilizadas en el proceso de hormigonado, es un subproducto fabricado en planta en un proceso independiente de paneles de hormigón, se mantiene stock suficiente de aproximadamente 40 casas, para su utilización son llevadas a inicio de la jornada a los puestos de trabajo.

**TABLA 47**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: MALLA SOLDADA**

<b>MATERIAL</b>		<b>Mallas soldadas</b>			
<b>PROVEEDOR</b>	Fabricados en planta	<b>MEDIO</b>	No aplica	<b>MEDIDA</b>	Unidad
<b>ALMACENAMIENTO INTERNO</b>	Piso	<b>CAPACIDAD</b>	50 casas		
<b>TRANSPORTE INTERNO</b>	Manual	<b>UTILIZACIÓN EN PUESTO</b>	Unidad	<b>MEDIDA</b>	Unidad



## MEZCLA DE HORMIGÓN

La mezcla de hormigón es utilizada en el proceso de hormigonado, es un subproducto proveniente del proceso de mezclado, no se mantiene stock porque en alrededor de 5 minutos la mezcla empieza a fraguar y endurecer, se debe utilizar al instante que se produce; para su utilización son transportadas en baldes por personas a los puestos de hormigonado.

**TABLA 48**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: MEZCLA DE HORMIGÓN**

MATERIAL		Mezcla de hormigón			
PROVEEDOR	Subproducto de mezclado	MEDIO	No aplica	MEDIDA	Peso
ALMACENAMIENTO INTERNO	No aplica	CAPACIDAD	No aplica		
TRANSPORTE INTERNO	Baldes	UTILIZACIÓN EN PUESTO	Baldes	MEDIDA	Peso

Cuando el proceso ha concluido se procede al desalojo del producto desde los puestos de hormigonado al área de almacenamiento, tal como se muestra a continuación:

**TABLA 49**  
**TABLA DE CUALIDADES DEL PRODUCTO DEL PROCESO**

PRODUCTO DEL PROCESO			
DESCRIPCIÓN	TIPO	MEDIDA	MOVILIZACIÓN
Panel de hormigón	Unidad	Unitario	Manual asistido

## PANEL DE HORMIGÓN

El panel de hormigón es el producto final del proceso, el cual es almacenado temporalmente en los moldes para que gane dureza y después de aproximadamente al menos 8 horas son transportadas al área de almacenamiento, en la cual se almacenan un promedio de 80 casas por espacio físico disponible, son movilizadas manualmente de los moldes a unos carros transportadores que las llevan hasta el sitio de almacenamiento.

**TABLA 50**  
**TABLA DE MANEJO DE MATERIAL: PANEL DE HORMIGÓN**

PRODUCTO		Panel de hormigón			
PROVEEDOR	Producto Final	MEDIO	No aplica	MEDIDA	Peso
ALMACENAMIENTO INTERNO	No aplica	CAPACIDAD	No aplica		
TRANSPORTE INTERNO	Manual asistido	UTILIZACIÓN EN PUESTO	Manual asistido	MEDIDA	Peso

Los paneles de hormigón son levantados en parejas desde el puesto de trabajo después de retirar los marcos, y luego cargados por otras dos personas en pareja, hacia el punto final de almacenamiento.



**Figura 4.16. Transporte manual de paneles de hormigón**

Se implementó la utilización de carros sobre rieles para movilizar los paneles desde un área cercana a los puestos de trabajo hacia el área de almacenamiento, con lo cual se redujo el esfuerzo y agotamiento del personal y se transporta una mayor cantidad de paneles por viaje.

## **8°. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

La distribución de planta busca como finalidad presentar el orden y espacio físico que sea más adecuado para la operación, tratando de garantizar que sea lo menos costosa posible, que minimice las distancias recorridas, que integre todas las actividades y que brinde seguridad al personal.

Para el análisis de distribución de planta se consideraron las siguientes áreas que incluyen aquellas actividades directas del proceso de producción y las áreas complementarias para integrar todas las funciones, estas se detallan a continuación:

**TABLA 51**  
**ÁREAS CONSIDERADAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**

<b>ÁREAS DE PLANTA</b>	
<b>1</b>	ALMACENAMIENTO AGREGADOS
<b>2</b>	ALMACENAMIENTO CEMENTO
<b>3</b>	AREA DE MALLAS
<b>4</b>	MEZCLADO
<b>5</b>	HORMIGONADO
<b>6</b>	ALMACENAMIENTO LOSETAS
<b>7</b>	BODEGA DE HERRAMIENTAS

Una vez que se determinaron todas aquellas actividades vinculadas al proceso de fabricación de paneles de hormigón, se evaluaron cuales deben estar próximas por conveniencia de flujo y operatividad, en base a esto se trabajó en una matriz de relaciones para todas estas áreas, y la valoración se presenta a continuación:

### MATRIZ DE RELACIONES DE AREAS DE PLANTA DE PANELES

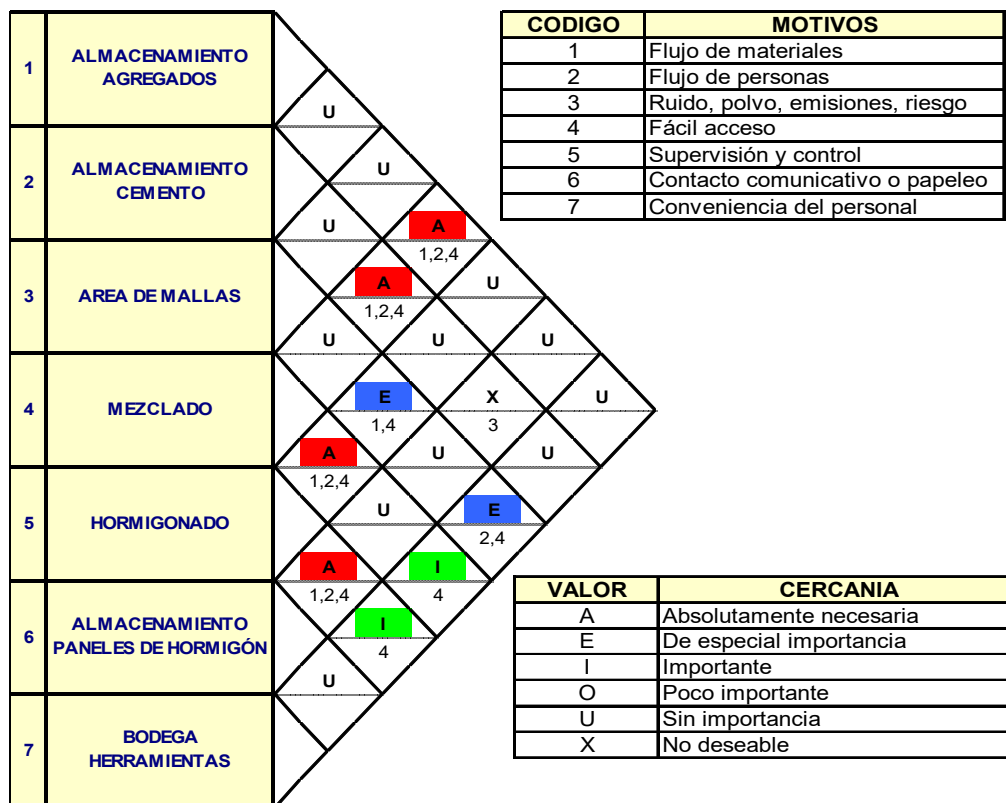


Figura 4.17. Matriz de relaciones de áreas de la planta

La relación entre cada actividad fue valorada de acuerdo a la importancia requerida, aquellas que tienen alguna relación de importancia se explican a continuación:

**Almacenamiento de agregados – Mezclado:** Relación absolutamente necesaria, debido a que son procesos sucesivos en la cadena de producción entre los cuales existe flujo de materiales y de personas para los cuales además es requerido que sea de fácil acceso para una oportuna provisión.

**Almacenamiento de cemento – Mezclado:** Relación absolutamente necesaria, debido a que son procesos sucesivos en la cadena de producción entre los cuales existe flujo de materiales y de personas para los cuales además es requerido que sea de fácil acceso, para una oportuna provisión.

**Almacenamiento de cemento - Almacenamiento de paneles:** Relación no deseable, debido a que existe riesgo de contacto entre el agua para el curado de los paneles de hormigón y el cemento, pudiendo producir que el mismo endurezca sin haber sido utilizado en el proceso.

**Área de mallas – Hormigonado:** Relación de especial importancia, debido a que existe flujo de materiales de mallas a los puestos de hormigonado antes del inicio de labores y si es requerido durante la producción, que además debe ser de fácil acceso.

**Área de mallas – Bodega de Herramientas:** Relación de especial importancia, debido a que existe flujo de personas que debe ser de fácil acceso cuando es requerido algún insumo o alguna herramienta por algún caso específico.

**Mezclado – Hormigonado:** Relación absolutamente necesaria, debido a que son procesos sucesivos en la cadena de producción

entre los cuales existe flujo de materiales y de personas para los cuales además se requiere que sea de fácil acceso, para una oportuna provisión evitando que la mezcla empiece a endurecer.

**Mezclado – Bodega de herramientas:** Relación importante que se requiere que sea de fácil acceso en la eventualidad de requerir herramientas específicas para la mezcladora en caso de paradas no planificadas, además es donde se almacenan los motores a diesel en caso de falta de energía eléctrica.

**Hormigonado – Almacenamiento de paneles de hormigón:** Relación absolutamente necesaria, debido a que son procesos sucesivos en la cadena de producción entre los cuales existe flujo de materiales y de personas para los cuales además es requerido que sea de fácil acceso, para reducir tiempos de desalojo de material.

**Hormigonado – Bodega de herramientas:** Relación importante que se requiere que sea de fácil acceso en la eventualidad de querer reponer alguna herramienta en específico por reposición y para recarga de desmoldante en caso de ser necesario.

Para cada letra se asignó una valoración que en el siguiente paso determinó los valores de relación entre las distintas actividades;

esos valores correspondientes a cada codificación se presentan a continuación:

**TABLA 52**  
**CLAVES Y VALORES DE ACUERDO A LA RELACIÓN ENTRE ÁREAS**

CLAVE	PRIORIDAD	VALOR	
A	Absolutamente necesaria	4	Rojo
E	De especial importancia	3	Naranja
I	Importante	2	Verde
O	Poco importante	1	Azul
U	Sin importancia	0	Sin color
X	No deseable	-1	Café

De acuerdo a la matriz de relaciones y la equivalencia de valores, se presentan a continuación los resultados:

**TABLA 53**  
**RESULTADOS DE RELACIONES ENTRE ÁREAS**

ÁREAS DE PLANTA DE PANELES DE HORMIGÓN									
Nº	Dptos	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	ALMACENAMIENTO AGREGADOS	--	0	0	4	0	0	0	4
2	ALMACENAMIENTO CEMENTO		--	0	4	0	-1	0	3
3	AREA DE MALLAS			--	0	3	0	3	6
4	MEZCLADO				--	4	0	2	14
5	HORMIGONADO					--	4	2	13
6	ALMACENAMIENTO LOSETAS						--	0	3
7	BODEGA HERRAMIENTAS							--	7

De acuerdo a los resultados obtenidos, las áreas de mayor relación y que deben ser consideradas centrales para la distribución de la planta son: el área de mezclado y el área de hormigonado; en un diagrama general de bloques se visualiza de la siguiente manera:



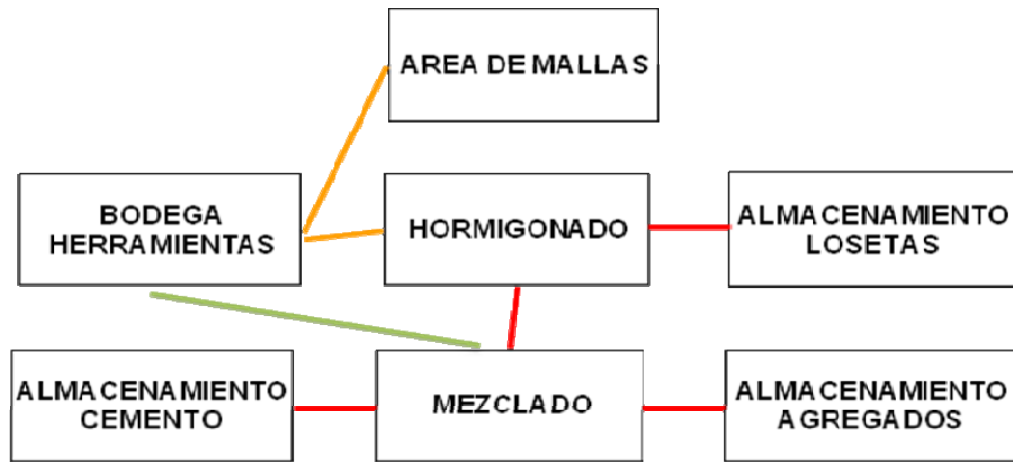


Figura 4.18. Diagrama de bloques de las relaciones entre áreas

En el gráfico de bloques se observa que no existen cruces entre operaciones; se dispuso de la planta en una forma aproximada a la presentada asegurando una adecuada distribución, lo cual es presentado en el diagrama de recorrido de la planta en el ANEXO F.

## 9°. DISEÑO DEL TRABAJO

El diseño del trabajo garantiza el rendimiento adecuado de los operarios considerando las circunstancias que afectan a sus labores.

Este apartado ha sido clasificado de acuerdo a las actividades implementadas y ejecutadas en el diseño del trabajo en la

economía de movimientos, principios ergonómicos del lugar de trabajo y las condiciones de trabajo.

## **ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS**

La economía de movimientos es analizada de acuerdo a las características de las actividades físicas realizadas en el proceso en planta, estas se han clasificado de la siguiente manera:

- Paleado de materiales.
- Transporte de objetos.
- Hormigonado y acabado de paneles.

### **Paleado de materiales**

El paleado de materiales es una tarea repetitiva, la cual está presente en dos actividades de la planta, en el paleado de materia prima de agregados como arena y piedra, y en el paleado de la mezcla fresca de hormigón en la salida de la mezcladora.

**Postura de trabajo.**\_ La postura de trabajo de pie con pala requiere que se tomen las siguientes precauciones para reducir la cantidad de esfuerzo a emplear y la fatiga generada (14).

- Que la persona mantenga los pies separados.

- Al momento de introducir la pala el cuerpo flexiona ligeramente hacia adelante.
- Se coloca un pie sobre la pala y con el peso del cuerpo hacia adelante se introduce la pala en el material sin mayor esfuerzo en materiales sólidos como los agregados, en materiales plásticos como la mezcla fresca no es necesario.
- Para descargar el material se debe girar ligeramente el tronco.

**Peso de la carga.\_** En ritmos de trabajo continuo con pala, se recomienda la carga de 5 a 7 kilogramos por palada, que de acuerdo a la precisión requerida, que en este caso es baja, se puede utilizar 7 kilogramos por palada, llegando a emplear el 15% de la fuerza máxima por palada, la fuerza máxima según estudios está en alrededor de 45.5 kg (14).

**Ritmo de trabajo.\_** Para labores continuas de paleado, los cuales según el ritmo de trabajo recomendado estaría entre 14 y 17 paladas por minuto (14).

**Personal requerido.\_** Al ser el trabajo con pala una actividad continua y exigente de cargas, se recomienda la utilización de personal masculino, con personas alrededor de los 25 años, es decir en plenitud de condiciones físicas.

**Precisión del trabajo.**\_ El trabajo con pala no requiere de precisión, ya que el material es colocado en recipientes de transporte para su siguiente estación de trabajo, por lo cual no se restringe el uso de fuerza, ni tampoco posteriormente los operarios de esta actividad realizarán labores de precisión.

**Uso de manos, pies y vista.**\_ El paleado requiere un trabajo primario de brazos, pero su esfuerzo y trabajo puede ser reducido al momento de recoger material, al empujar la pala con el pie dentro del material, se requerirá menos desgaste de los brazos, y mayor utilización de otros miembros del cuerpo. Respecto a la utilización de la vista, el campo visual que maneja es mínimo requiriendo observar únicamente el área de almacenamiento de material.



**Figura 4.19. Operario paleando agregados**

**Carga calórica.**\_ La carga calórica de la actividad es para medir el gasto energético aproximado producido durante el trabajo, para el cual se emplearon las tablas estándar de gasto energético por tipo de actividad, de acuerdo a la postura y la intensidad realizada, considerando además del gasto por metabolismo basal y por la postura de pie para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 54**  
**CARGA CALÓRICA DE PALEADO DE AGREGADOS**

PALEADO DE AGREGADOS			
ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA	CARGA DINÁMICA	% Tiempo observado
Operario levanta pala sin carga	De pie	Trabajo con 1 brazo ligero	4,99%
Operario palea material hasta llenar parihuela		Trabajo con 2 brazos intenso	68,54%
Operario deja pala		Trabajo con 1 brazo ligero	3,87%
Operario toma parihuela vacía		Trabajo con 2 brazos ligero	9,76%
Operario coloca parihuela vacía en posición de trabajo		Trabajo con 2 brazos ligero	12,85%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado
Operario levanta pala sin carga	38,40	2,69	4,99%
Operario palea material hasta llenar parihuela		110,62	68,54%
Operario deja pala		2,09	3,87%
Operario toma parihuela vacía		9,72	9,76%
Operario coloca parihuela vacía en posición de trabajo		12,80	12,85%

OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Paleado de agregados	71,4	38,40	137,93	247,73

**TABLA 55**  
**CARGA CALÓRICA DE PALEADO DE MEZCLA**

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA	CARGA DINÁMICA	% Tiempo observado
Operario arregla mezcla con pala	De pie	Trabajo con 2 brazos medio	2,40%
Operario palea mezcla llenando baldes		Trabajo con 2 brazos intenso	91,16%
Operario deja pala		Trabajo con 1 brazo ligero	0,89%
Operario humedece superficie		Trabajo con 1 brazo ligero	4,71%
Operario recoge pala		Trabajo con 1 brazo ligero	0,84%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado	
Operario arregla mezcla con pala	38,40	3,14	2,40%	
Operario palea mezcla llenando baldes		147,13	91,16%	
Operario deja pala		0,48	0,89%	
Operario humedece superficie		2,54	4,71%	
Operario recoge pala		0,45	0,84%	
OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Paleado de mezcla	71,4	38,40	153,75	263,55

Con la carga calórica determinada, en la sección de suplementos de acuerdo al valor obtenido y los límites especificados se determinarán tiempos de descanso requeridos o si es necesaria alguna acción adicional.

### TRANSPORTE DE OBJETOS Y MATERIALES

La carga de objetos es una tarea repetitiva, la cual está presente en las siguientes actividades de la planta: el transporte de parihuelas cargadas desde materia prima a mezclado, el transporte de cemento del área de picking stock al área de mezclado, la carga de recipientes con mezcla desde el área de mezclado al área de hormigonado, el desalojo de paneles desde hormigonado a almacenamiento.

**Postura de trabajo.** La postura de trabajo para carga y transporte manual de materiales depende del tipo de objeto que se vaya a llevar a cabo, en este caso son de dos tipos: cargas

compactas (Paneles, parihuelas cargadas, baldes con mezcla) y sacos.

Para el caso de levantar, bajar y transportar cargas compactas se deben tomar las siguientes acciones:

- Doblar caderas y rodillas, manteniendo la espalda recta desde la bajada hacia arriba y viceversa, evitando doblar el cuerpo y la columna únicamente, aplica para la carga de paneles, parihuelas cargadas y baldes con mezcla.
- El elemento a cargar sino es fácil de asegurar debe contar con agarraderas cómodas, los paneles son fáciles de cargar y descargar por su forma (se agarran los filos envolviendo con manos), al contrario las parihuelas cuentan con agarraderas lo suficientemente largas para ser tomadas por las dos manos del cargador, y el balde cuenta con una agarradera para facilitar la descarga de producto.
- Es necesario mantener la carga lo más pegado posible al cuerpo de tal manera que se reduzca el esfuerzo requerido.
- Para asegurar la carga de paneles, una mano se toma hacia dentro y la otra hacia fuera asegurando presión en ambos sentidos.

Para el caso de levantar, bajar y transportar sacos se deben tomar las siguientes acciones:

- Para levantar el saco cerrado se recomienda que la persona este con las rodillas dobladas y espalda recta.
- Abrazar el saco contra el cuerpo y levantarlo hacia una posición intermedia.
- Con el saco abierto se debe alzarlo con ayuda de una persona, sosteniendo cada uno de los extremos por sobre el hombro de la persona indicada.
- La movilización será con el saco sobre el hombro, y manteniendo una mano agarrando un extremo superior para evitar su caída.

**Peso de la carga.** De acuerdo a la ecuación de NIOSH revisada, el límite de levantamiento de carga y para su transporte es de 17.08 kg, considerando los siguientes factores:  $H = 25$  cm,  $V = 70$  cm,  $D = 25$  cm,  $A = 0^\circ$ ,  $FM = 1 \text{ min} > 1 \text{ hora}$ , de pie con buenas agarraderas.

En el caso de transporte de parihuelas, ya que la fuerza es realizada por 2 personas, el límite es de 34.16 kg por levantada y transporte, lo cual implica 4 viajes de arena y 5 viajes de piedra. El límite de peso ha sido modificado a 40 kg por levantada y



transporte, considerando los suplementos de descanso y realizando un esquema de rotación a los cargadores (ANEXO G), con esto los viajes son reducidos a 3 viajes de arena y 4 viajes de piedra.

En el caso de transporte de mezcla de hormigón, se levanta sobre el hombro y se mantendrá el límite de 17.08 kg por levantada, una sola persona, asegurando su trabajo durante altos períodos de trabajo.

En el caso de levantar sacos de cemento, será realizado por 2 personas sobre el hombro de una de ellas, quien transportará hasta el área de mezclado.

En el caso de transporte de paneles de hormigón, estas serán manipuladas por una cuadrilla de cuatro personas para su levantamiento, y 2 personas las colocarán en los carros transportadores que serán llevadas al área de almacenamiento.

**Ritmo de trabajo.** Con las consideraciones de límites de carga y rotación del personal, se pudo mantener el ritmo durante altos períodos de trabajo, incluso la carga de sacos que se realiza una cada parada de mezcla, es decir un transporte de saco de cemento cada 5 o 6 minutos aproximadamente.

**Personal requerido.**\_ Al ser el trabajo de cargas una actividad continua y exigente de esfuerzo, se recomienda la utilización de personal masculino, con personas alrededor de los 25 años, es decir en plenitud de condiciones físicas.

**Precisión del trabajo.**\_ El trabajo de carga no es una actividad que requiera de precisión, ya que el material es colocado según el caso en la mezcladora, o en los moldes para continuar con su proceso, por lo cual no se restringe el uso de fuerza, ni tampoco posteriormente los operarios de esta actividad realizarán labores de precisión, la precisión mínima requerida es para evitar que se produzcan desperdicios de material.

**Uso de manos, pies y vista.**\_ El cargado de materiales requiere un trabajo primario de brazos, pero su esfuerzo y trabajo se reducen al ser tareas realizadas en equipo con herramientas adecuadas, para reducir el esfuerzo de bajar parihuelas se ha diseñado una mesa para asentarlas directamente al pie de la mezcladora sin necesidad de que los operarios realicen esfuerzos de bajar el cuerpo.

**Carga calórica.**\_ La carga calórica de la actividad es para medir el gasto energético aproximado producido durante el trabajo, para el cual se emplearon las tablas estándar de gasto energético por tipo de actividad, de acuerdo a la postura y la intensidad realizada,

considerando además del gasto por metabolismo basal y por la postura de pie para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 56**  
**CARGA CALÓRICA DE PREPARACIÓN Y ARMADO DE MOLDES**

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA	CARGA DINÁMICA	% Tiempo observado
Operarios colocan soportes de apoyo para base de molde	De pie	Trabajo con 2 brazos ligero	3,29%
Operarios colocan base de molde sobre apoyo		Trabajo con 2 brazos medio	12,68%
Operarios limpian base y marcos de moldes		Trabajo con 2 brazos ligero	11,31%
Operarios cuadran marco en base de molde		Trabajo con 2 brazos ligero	5,86%
Operarios colocan binchas de agarre		Trabajo con 2 brazos ligero	10,62%
Operarios riegan desmoldante en superficie de base y marcos		Trabajo con 1 brazo medio	53,97%
Operarios se transportan a siguiente puesto (aprox 4 m)		Andar a 2,5 km/hr	2,26%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado
Operarios colocan soportes de apoyo para base de molde	38,40	3,28	3,29%
Operarios colocan base de molde sobre apoyo		16,59	12,68%
Operarios limpian base y marcos de moldes		11,26	11,31%
Operarios cuadran marco en base de molde		5,84	5,86%
Operarios colocan binchas de agarre		10,58	10,62%
Operarios riegan desmoldante en superficie de base y marcos		45,66	53,97%
Operarios se transportan a siguiente puesto (aprox 4 m)		6,48	2,26%

OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Preparación y armado de moldes	71,4	38,40	99,68	209,48

**TABLA 57**  
**CARGA CALÓRICA DE MEZCLADO (EQUIPO DE 2 PERSONAS)**

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado
Operarios cargan piedra en mezcladora	De pie	Trabajo con 2 brazos intenso	23,88%
Operarios transportan parihuelas vacías		Andar de 2 a 5 km/h	9,44%
Operarios transportan parihuelas con arena a mezcladora		Andar con carga de 20 kg por persona	14,18%
Operarios esperan mezcladora para cargar arena		Ninguno	2,42%
Operarios cargan arena en mezcladora		Trabajo con 2 brazos intenso	17,51%
Operarios transportan parihuelas vacías		Andar de 2 a 5 km/h	12,10%
Operarios transportan parihuelas con piedra a mezcladora		Andar con carga de 20 kg por persona	19,41%
Operarios esperan mezcladora para cargar piedra		Ninguno	1,06%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado
Operarios cargan piedra en mezcladora	38,40	38,54	23,88%
Operarios transportan parihuelas vacías		17,17	9,44%
Operarios transportan parihuelas con arena a mezcladora		37,99	14,18%
Operarios esperan mezcladora para cargar arena		0	2,42%
Operarios cargan arena en mezcladora		28,26	17,51%
Operarios transportan parihuelas vacías		22,01	12,10%
Operarios transportan parihuelas con piedra a mezcladora		53,88	19,41%
Operarios esperan mezcladora para cargar piedra		0	1,06%

OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Operarios en mezcladora	71,4	38,40	197,86	307,66

**TABLA 58**  
**CARGA CALÓRICA DE MEZCLADO (JEFE DE CUADRILLA)**

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA	CARGA DINÁMICA	% Tiempo observado
Jefe de cuadrilla coloca boca de máquina en posición de carga	De pie	Trabajo con 2 brazos ligero	1,28%
Jefe de cuadrilla carga primer balde de agua en máquina		Trabajo con 2 brazos intenso	3,17%
Jefe de cuadrilla carga segundo balde de agua en máquina		Trabajo con 2 brazos intenso	3,28%
Jefe de cuadrilla carga tercer balde de agua en máquina		Trabajo con 2 brazos intenso	3,37%
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		Ninguno	3,19%
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		Ninguno	6,70%
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		Ninguno	6,93%
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		Ninguno	7,06%
Jefe de cuadrilla se moviliza a área de cemento y abre saco		Andar de 2 a 5 km/h	8,14%
Jefe de cuadrilla transporta saco a mezcladora		Andar con carga de 50 kg en la espalda	3,85%
Jefe de cuadrilla descarga saco en mezcladora		Trabajo con 2 brazos intenso	6,74%
Jefe de cuadrilla baja boca de mezcladora		Trabajo con 2 brazos medio	1,96%
Jefe de cuadrilla sube boca de mezcladora		Trabajo con 2 brazos medio	5,36%
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		Ninguno	3,66%
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		Ninguno	6,86%
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		Ninguno	7,00%
Jefe de cuadrilla baja boca de mezcladora		Trabajo con 2 brazos medio	1,34%
Jefe de cuadrilla sube boca de mezcladora		Trabajo con 2 brazos medio	12,11%
Jefe de cuadrilla descarga mezcla fresca		Trabajo con 2 brazos medio	8,00%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado	
Jefe de cuadrilla coloca boca de máquina en posición de carga	38,40	1,27	1,28%	
Jefe de cuadrilla carga primer balde de agua en máquina		5,12	3,17%	
Jefe de cuadrilla carga segundo balde de agua en máquina		5,30	3,28%	
Jefe de cuadrilla carga tercer balde de agua en máquina		5,44	3,37%	
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		0,00	3,19%	
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		0,00	6,70%	
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		0,00	6,93%	
Jefe espera por carga de piedra en mezcladora		0,00	7,06%	
Jefe de cuadrilla se moviliza a área de cemento y abre saco		14,97	8,14%	
Jefe de cuadrilla transporta saco a mezcladora		18,74	3,85%	
Jefe de cuadrilla descarga saco en mezcladora		10,88	6,74%	
Jefe de cuadrilla baja boca de mezcladora		2,56	1,96%	
Jefe de cuadrilla sube boca de mezcladora		7,01	5,36%	
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		0,00	3,66%	
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		0,00	6,86%	
Jefe espera por carga de arena en mezcladora		0,00	7,00%	
Jefe de cuadrilla baja boca de mezcladora		1,75	1,34%	
Jefe de cuadrilla sube boca de mezcladora		15,85	12,11%	
Jefe de cuadrilla descarga mezcla fresca			10,47	8,00%

OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Jefe de cuadrilla en mezcladora	71,4	38,40	99,36	209,16

**TABLA 59**  
**CARGA CALÓRICA DE TRANSPORTE DE MEZCLA**

<b>TRANSPORTE DE MEZCLA</b>			
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGA ESTÁTICA</b>	<b>CARGA DINÁMICA</b>	<b>% Tiempo observado</b>
Operario levanta balde cargado con mezcla	De pie	Trabajo con 2 brazos intenso	14,09%
Operario transporta balde con mezcla a molde		Andar con carga de 20 kg	35,45%
Operario descarga mezcla sobre molde		Trabajo con 2 brazos intenso	14,85%
Operario retorna a zona de carga de mezcla		Andar de 2 a 5 km/h	30,52%
Operario baja balde vacío para ser cargado		Trabajo con 1 brazo ligero	5,10%

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)</b>	<b>CARGA DINÁMICA (kcal/hr)</b>	<b>% Tiempo observado</b>
Operario levanta balde cargado con mezcla	38,40	22,73	14,09%
Operario transporta balde con mezcla a molde		96,08	35,45%
Operario descarga mezcla sobre molde		23,96	14,85%
Operario retorna a zona de carga de mezcla		52,16	30,52%
Operario baja balde vacío para ser cargado		2,75	5,10%

<b>OPERACIÓN</b>	<b>METABOLISMO BASAL (kcal/hr)</b>	<b>CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)</b>	<b>CARGA DINÁMICA (kcal/hr)</b>	<b>TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)</b>
Transporte de mezcla	71,4	38,40	197,69	307,49

Con la carga calórica determinada, en la sección de suplementos de acuerdo al valor obtenido y los límites especificados se determinarán tiempos de descanso requeridos o si es necesaria alguna acción adicional.

### **HORMIGONADO Y ACABADO DE PANELES**

El hormigonado y acabado de paneles es una tarea repetitiva en la cual se da forma a la mezcla sobre el molde metálico con la utilización de herramientas, este proceso se realiza en un sola etapa, después de que la mezcla de hormigón es vertida sobre el molde.

**Postura de trabajo.\_** La postura de trabajo en esta actividad debe tomar las siguientes consideraciones para reducir la fatiga y mejorar el desempeño del trabajador:

- El operario se mantiene de pie con los pies separados ligeramente para desplazarse mientras realiza la labor.
- La espalda se mantiene recta, y se flexiona ligeramente para dar alcance al borde del molde si es requerido.
- El movimiento de mezcla en el molde con el bailejo se va realizando de derecha a izquierda para los diestros y de izquierda a derecha para los zurdos.
- El nivelado de mezcla es realizado de derecha a izquierda para los diestros y de izquierda a derecha para los zurdos.
- El acabado de los paneles se realiza con la paleta utilizando movimientos circulares de derecha a izquierda para los diestros y de izquierda a derecha para los zurdos.
- Intercalar el movimiento de mezcla en el molde de movimientos de largo alcance con movimientos de corto alcance, para evitar fatiga sostenida en movimientos de largo alcance.

**Ritmo de trabajo.\_** Este grupo de trabajo tomará los ritmos de descanso de acuerdo a los suplementos requeridos.



**Personal requerido.**\_ El trabajo de hormigonado y acabado es una tarea sencilla sin mayor esfuerzo del cuerpo, se requiere personal con experiencia en trabajo con hormigón, saludable sin problemas nerviosos que afecten su trabajo sosteniendo herramientas, sin límite de edad.

**Precisión del trabajo.**\_ El hormigonado requiere un bajo nivel de precisión, ya que se busca adecuar el material al molde, no se restringe el uso de fuerza, aunque en esta actividad no es necesaria, el acabado de paneles exige un nivel medio de precisión, en el cual con la paleta se busca dejar una superficie lisa y nivelada, y que los bordes estén completamente cubiertos de mezcla.

**Uso de manos, pies y vista.**\_ El hormigonado y acabado de paneles requiere un trabajo primario de brazos, de movimiento de materiales que no exige el uso de fuerza, los pies mantienen la estabilidad y permiten desplazarse mientras se realiza la labor, la vista se mantiene fija sobre el molde.

**Carga calórica.**\_ La carga calórica de la actividad es para medir el gasto energético aproximado producido durante el trabajo, para el cual se emplearon las tablas estándar de gasto energético por tipo de actividad, de acuerdo a la postura y la intensidad realizada,

considerando además del gasto por metabolismo basal y por la postura de pie para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 60**  
**CARGA CALÓRICA DE HORMIGONADO**

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA	CARGA DINÁMICA	% Tiempo observado
Operario J arrastra y acomoda mezcla en molde con mano derecha con bailejo	De pie	Trabajo con 1 brazo intenso	15,17%
Operario J deja herramientas en área contigua		Trabajo con 2 brazos ligero	1,20%
Operario J toma malla metálica		Trabajo con 2 brazos ligero	2,40%
Operario J coloca malla metálica en molde con mezcla		Trabajo con 2 brazos medio	11,48%
Operario J toma herramientas		Trabajo con 2 brazos ligero	1,17%
Operario J inserta malla en mezcla con ligeros golpes con bailejo		Trabajo con 1 brazo medio	6,17%
Operario J nivela superficie de panel de hormigón con regla		Trabajo con 1 brazo intenso	46,67%
Operario J coloca mezcla sobrante en molde contiguo por preparar		Trabajo con 1 brazo medio	15,72%

ACTIVIDAD	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	% Tiempo observado
Operario J arrastra y acomoda mezcla en molde con mano derecha con bailejo	38,40	17,48	15,17%
Operario J deja herramientas en área contigua		1,20	1,20%
Operario J toma malla metálica		2,39	2,40%
Operario J coloca malla metálica en molde con mezcla		15,02	11,48%
Operario J toma herramientas		1,17	1,17%
Operario J inserta malla en mezcla con ligeros golpes con bailejo		5,22	6,17%
Operario J nivela superficie de panel de hormigón con regla		53,76	46,67%
Operario J coloca mezcla sobrante en molde contiguo por preparar		13,30	15,72%

OPERACIÓN	METABOLISMO BASAL (kcal/hr)	CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)	CARGA DINÁMICA (kcal/hr)	TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)
Hormigonado	71,4	38,40	109,53	219,33

**TABLA 61**  
**CARGA CALÓRICA DE ACABADO**

<b>ACABADO</b>			
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGA ESTÁTICA</b>	<b>CARGA DINÁMICA</b>	<b>% Tiempo observado</b>
Operario K da acabado con paleta con giros circulares	De pie	Trabajo con 1 brazo intenso	31.15%
Operario K rocía polvo cemento - arena sobre superficie de panel		Trabajo con 1 brazo medio	21.51%
Operario K da acabado con suaves movimientos rectos		Trabajo con 1 brazos medio	29.01%
Operario K coloca lona humedecida sobre superficie		Trabajo con 2 brazos medio	18.34%

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)</b>	<b>CARGA DINÁMICA (kcal/hr)</b>	<b>% Tiempo observado</b>
Operario K da acabado con paleta con giros circulares	38.40	35.89	31.15%
Operario K rocía polvo cemento - arena sobre superficie de panel		18.19	21.51%
Operario K da acabado con suaves movimientos rectos		24.54	29.01%
Operario K coloca lona humedecida sobre superficie		23.98	18.34%

<b>OPERACIÓN</b>	<b>METABOLISMO BASAL (kcal/hr)</b>	<b>CARGA ESTÁTICA (kcal/hr)</b>	<b>CARGA DINÁMICA (kcal/hr)</b>	<b>TOTAL CARGA CALÓRICA (kcal/hr)</b>
Acabado	71.4	38.40	102.60	212.40

Con la carga calórica determinada, en la sección de suplementos de acuerdo al valor obtenido y los límites especificados se determinarán tiempos de descanso requeridos o si es necesaria alguna acción adicional.

## PRINCIPIOS ERGONÓMICOS DEL LUGAR DE TRABAJO

Los principios ergonómicos hacen referencia al desarrollo de los puestos de trabajo en cuanto a medidas asegurando que sean capaces de satisfacer la demanda de trabajo sin incomodar las posturas de trabajo.

Utilizando esto como premisa se ha considerado la utilización de un diseño para extremos que asegure la mayor población posible para la realización de labores, como fuente de información se utilizarán las dimensiones de 20 operarios, con los resultados resumidos en la siguiente tabla:

**TABLA 62**  
**DIMENSIONES RELEVANTES ANTROPOMÉTRICAS DE LOS OPERARIOS**

TIPO	Altura del puño de pie (cm)	Altura del codo de pie (cm)	Altura de los hombros (cm)	Alcance máximo (cm)
MEDIA	84,1	106,6	137,3	59,9
DESV. EST.	2,4	1,7	3,4	1,9

## DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO

### Carga de agregados

En esta actividad no hay una superficie de trabajo, que deba diseñarse para el personal, ya que los operarios trabajan de pie

cargando directamente el material a través de palas en las parihuelas.

Las palas cuando sean desocupadas se clavarán en el material de tal manera que permanezcan verticalmente, evitando que cuando el operario la vuelva a requerir se deba utilizar ejercicios de agache y doblar columna que además de fatigar al operario, lo agotan.

### **Mezclado**

En esta actividad los operarios trabajan de pie, interactuando con la mezcladora, a través de la provisión de materiales; la boca de la mezcladora se ajusta y moviliza para facilitar la operación de carga y descarga de material.

- Las herramientas y elementos de trabajo se deben ubicar de la siguiente manera: parihuelas cargadas sobre una mesa de espera al pie de la boca de la mezcladora, balde para agua en el tanque de almacenamiento en el punto de uso, la pala a 2 metros del área sobre un gancho colgado, la espátula y cuchillo de mano en ganchos en la mezcladora, la engrasadora dentro de la cabina del motor.

- En esta actividad se establecieron las dimensiones de la mesa al pie de la mezcladora para parihuelas cargadas en el punto de uso, para esto se utilizó la altura del puño de pie, que se obtuvo de la tabla previamente presentada.

En esta actividad se utilizó el percentil 5, asegurando que las personas de menor estatura no realicen esfuerzos adicionales de levantamiento, y el trabajo se limite al descenso de la parihuela sobre la mesa. El percentil 5 se determinó de la siguiente manera:

$$P_5 = \mu - (\sigma * z_{0.05})$$

Donde:

$P_5$  = Valor en el percentil 5 (altura de puño de pie)

$z_{0.05}$  = Valor z para 0.05 = 1.65

Reemplazando

$$P_5 = 84.1 - (2.4 \times 1.65)$$

$$P_5 = 84.1 - 3.96$$

$$P_5 = 80.1 \text{ cm}$$

Es decir que la altura de la mesa para asegurar que los trabajadores no realizarán esfuerzos de levantamiento es de 80.1 cm.

### **Hormigonado**

En esta actividad los operarios trabajan de pie, en los moldes con mezcla fresca, realizando la distribución de material sobre el molde de forma homogénea con las herramientas adecuadas; se realiza sobre puestos de trabajo fijos en los cuales el operario se moviliza.

- Las herramientas y elementos de trabajo se deben ubicar de la siguiente manera: Bailejos y reglas son elementos individuales por trabajador que serán llevados por cada maestro al puesto de trabajo que se movilice, los mismos cuando no estén en uso se llevarán en el mandil industrial del trabajador responsable. Las paletas y polvo para acabado están ubicados por mesa a un costado para su utilización en el punto por los maestros y reducir el transporte de mayor cantidad de herramientas entre puestos de hormigonado.

- En esta actividad fue necesario establecer las dimensiones de la mesa de trabajo, usando 2 factores, la altura y el ancho de la mesa.

Debido a que la altura es ajustable en el sentido de que a medida que se van terminando los paneles, se va colocando sobre el puesto de trabajo un nuevo juego de moldes. La altura del primer molde está determinada por el percentil 5 de la altura del codo, y la altura de los moldes no debe llegar al percentil 5 de la altura del hombro para no aumentar el nivel de esfuerzo. Esto implica dos etapas, la primera se determinó la altura del primer molde y comprobar que la armada sucesiva de moldes no llega al percentil 5 de altura de hombros.

$$P_5 = \mu - (\sigma \times Z_{0.05})$$

Donde:

$P_5$  = Valor en el percentil 5 (altura del codo)

$Z_{0.05}$  = Valor z para 0.05 = 1.65

Para la altura de trabajo del primer molde, utilizando la altura del codo:

$$P_5 = 106.6 - (1.7 \times 1.65)$$



$$P_5 = 106.6 - 2.9$$

$$P_5 = 103.7 \text{ cm}$$

La altura máxima de trabajo para superficie de trabajo es determinada a través de la altura de los hombros:

$$P_5 = 137.3 - (3.4 \times 1.65)$$

$$P_5 = 137.3 - 5.7$$

$$P_5 = 131.6 \text{ cm}$$

El siguiente piso de moldes armados representa una altura adicional de 17.5 cm, los cuales corresponden a: 10 cm del siguiente juego de molde, 3 cm correspondiente a la altura del ángulo de 30x4 usado para que se apoye sobre este el siguiente molde y 4.5 cm correspondiente al ángulo que reposa sobre el anterior molde.

Altura primer juego de moldes: 103.7 cm

Altura segundo juego de moldes:  $103.7 + 17.5 = 121.2 \text{ cm}$

Altura tercer juego de moldes:  $121.2 + 17.5 = 138.7 \text{ cm}$

De estos valores se puede establecer que se pueden colocar máximo 2 moldes uno sobre otro por estación de trabajo debido a la restricción de altura, como lo muestra el siguiente resumen:

**TABLA 63**  
**ALTURA DE MOLDES MONTADOS Y MÁXIMA ALTURA PERMITIDA**

Descripción	h (cm)
Altura primer molde	103,70
Altura segundo molde	121,20
Máxima altura	131,60

Se validó el alcance al extremo del molde utilizando el percentil 5 de alcance del brazo asegurando la mínima distancia a alcanzarse:

$$P_5 = \mu - (\sigma \times Z_{0.05})$$

Donde:

$P_5$  = Valor en el percentil 5 (Alcance del brazo)

$Z_{0.05}$  = Valor z para 0.05 = 1.65

Reemplazando:

$$P_5 = 59.9 - (1.9 \times 1.65)$$

$$P_5 = 59.9 - 3.1$$

$$P_5 = 56.8 \text{ cm}$$

El máximo alcance requerido es de 55 cm; con un percentil 5 de 56.8 cm asegura que más del 95% de la población no sufrirá problemas de alcance por lo cual el ancho de los paneles de hormigón y de los moldes no es un limitante.

Considerando que las mesas de pueden trabajar de un solo lado al no haber limitante de alcance se puede colocar 2 moldes de 50 cm de ancho por estación de trabajo y 4 de 25 cm por estación de trabajo, en 2 pisos.

### **DISEÑO DE MÁQUINAS Y EQUIPO**

La única máquina que se utiliza en la producción de paneles de hormigón es la mezcladora, la cual para el puesto de trabajo del área de mezclado tiene las siguientes prestaciones:

- Tiene un volante que ayuda a controlar la dirección del tambor (en carga, mezclando o en descarga).
- Tiene un pedal en la parte baja que permite destrabar el volante de la posición en que esté, evitando que sea el operario quien mantenga la fuerza para posiciones fijas del tambor.

## **DISEÑO DE HERRAMIENTAS**

El diseño fue considerado en la selección de herramientas buscando que las mismas cumplan las condiciones requeridas para reducir la fatiga y aumentar el nivel de servicio del trabajo, con las siguientes observaciones:

- Todas las operaciones requieren el uso de fuerza, por lo cual en la interacción con herramientas, estas disponen de mangos que les permite el uso de fuerza sea con una o dos manos dependiente la actividad (bailejos a una mano, palas a dos manos).
- Ninguna operación implica sostener herramientas cargadas en posiciones estáticas prolongadas.
- Para el trabajo de distribución de mezcla en los moldes con el bailejo, se realizan con giros del antebrazo, con el codo doblado.
- Las palas, bailejos, paletas, están diseñadas para ser usadas por la mano derecha o izquierda, sin restricción.
- Las agarraderas de palas, bailejos y paletas exceden los 4 cm de diámetro de la agarradera, permitiendo un acople adecuado a la mano.

- Las agarraderas de palas, bailejos y paletas exceden los 10 cm de longitud de la agarradera, permitiendo un acople adecuado a la palma de la mano.
- Los mangos de bailejos y paletas permiten que sean empalmados por toda la mano en forma de puño maximizando el agarre y el uso de la fuerza.
- Las superficies de los mangos son de madera o caucho duro.
- El peso de los bailejos y paletas sostenidos por una mano están por debajo de las 5 libras, la pala está por encima de ese peso pero es usada a dos manos, lo cual implica desgaste despreciable por peso de herramientas.
- Todas las estaciones de trabajo que implican la interacción con mezcla o el uso continuo de herramientas utilizan guantes para evitar el desgaste de manos.

### **CONDICIONES DE TRABAJO**

Las condiciones del lugar de trabajo se ha buscado que cumplan y excedan los requerimientos mínimos para cada aspecto a ser evaluado previo a la realización de actividades productivas. El detalle de cada ítem se presenta a continuación:

## ILUMINACIÓN

El área de trabajo es un espacio abierto techado, maximizando la utilización de luz natural; la instalación de luminarias es un soporte adicional para días densamente nublados o al finalizar la jornada de labores, la luz natural provee suficiente iluminación y al final de la tarde el sistema de luminarias; además el trabajo no requiere de precisión por lo cual no se requiere un nivel alto de iluminación.

Para el trabajo con hormigón la normativa indica que se requiere una iluminancia de 300 lux, para las cuales al finalizar el día cuando la iluminación natural baja, se utilizará iluminación artificial compuesta lámparas fluorescentes por eficiencia en costo de utilización, las mismas se instalarán en luminarias dobles abiertas; el cálculo y la cantidad de luminarias necesarias con estos requerimientos se presentan a continuación:

**TABLA 64**  
**CÁLCULO DE LUMINARIAS REQUERIDAS**

ILUMINACIÓN DIRECTA EXTENSIVA			
DIMENSIONES DE PLANTA	Largo (m)	66,7	
	Ancho (m)	11,0	
	Altura (m)	4,0	
FACTORES		CALCULOS	
Factor K de dimensiones	2,36	Flujo luminoso total	525874,4
Factor de utilización	0,70	Flujo luminoso lámpara	6400,0
Factor de mantenimiento	0,6	Lámparas x luminaria	2
Iluminación media (lux)	300	Número de luminarias	<b>42</b>

Con estos datos es posible indicar que la iluminación no es un factor que afecte las operaciones laborales con las siguientes conclusiones:

- No hay afectaciones en el desempeño por la cantidad de luz disponible, siempre y cuando en días nublados y al final de la jornada se utilicen las lámparas de la planta como iluminación complementaria.
- No hay desgaste visual ni complicaciones del operario en la realización de estas actividades.
- No es requerido equipo de protección personal en este ítem.
- Las luminarias requeridas para trabajos cuando se reduzca la visibilidad es de 42 luminarias con 2 lámparas cada una, con tubos fluorescentes de 40 W.

## **RUIDO**

Respecto a los niveles de ruido generados en la operación, de todas las actividades realizadas en planta solo en el área de mezclado se genera un ligero ruido por el motor eléctrico y el sistema de rotación de la máquina, el resto de actividades son manuales y no son fuente de ruido.

De acuerdo a esto, ninguna actividad dentro de la planta excede los 90 dB admisibles para jornadas de trabajo de 8 horas, obteniendo las siguientes conclusiones:

- No hay afectaciones en el desempeño por esta actividad.
- No hay desgaste del oído ni complicaciones físicas del operario en la realización de estas actividades.
- No es requerido equipo de protección personal en este ítem.
- No es necesario aislar las fuentes de ruido.

### **TEMPERATURA**

Respecto a la temperatura generada en la operación, de todas las actividades realizadas en planta solo el área de carga de materiales es susceptible a medición, considerando que parte de su labor se realiza a la intemperie, el resto de actividades se realizan bajo techo con temperaturas agradable.

A continuación se presentan los niveles de temperatura generados en cada estación de trabajo en la hora de más intenso calor, las 12 del día en un día despejado:



**TABLA 65**  
**TEMPERATURAS POR ÁREA DE TRABAJO**

PROCESO	TEMPERATURA (°C)
PREPARACIÓN DE MOLDES	26
PALEADO DE AGREGADOS	32
MEZCLADO	29
PALEADO DE MEZCLA	27
TRANSPORTE DE MEZCLA	26
HORMIGONADO	27
ACABADO	27

De lo expuesto, es requerido controlar el trabajo en el área de paleado de agregados, por el calor generado con el adicional que soportan el sol, tomar la temperatura en la mañana o en la tarde es irrelevante, por cuanto es una temperatura fresca entre 23°C y 26°C. Como medidas auxiliares se han tomado las siguientes precauciones:

- Dotar de vestimenta ligera que cubra hasta las muñecas de los operarios que laboran en el paleado de agregados.
- Dotar de gorras a los operarios para cubrirlos de la exposición al sol.
- Las paradas que realicen por descanso la realizarán en sitios techados.
- Rotación del personal (ANEXO G).

## **VENTILACIÓN**

Toda la planta tiene contacto con el medio exterior ya que no cuenta con áreas cerradas excepto la bodega de herramientas y cemento, en los cuales no labora ninguna persona de manera continua.

Por el detalle anteriormente expuesto no es requerido un sistema de ventilación, ya que el aire empleado está continuamente renovándose y adicionalmente no hay fuentes de calor ni de olor donde se vicie el aire.

## **VIBRACIÓN**

En la planta de trabajo no hay puestos de trabajo ni equipos que sean fuentes de vibración continua excepto la mezcladora, a la cual no están expuestos directamente las personas más que a través de la provisión de materiales y de la descarga de mezcla del tambor, tomando esto como antecedente no son requeridas acciones para controlar o amortiguar fuentes de vibración.

## **4.2. ESTUDIO DE TIEMPOS**

El proceso de paneles de hormigón al ser una línea nueva dentro de las actividades de la empresa, requería la realización de un estudio de tiempos, que presente el rendimiento del proceso y sus costos, para asegurar su sostenibilidad, y poder establecer estándares comparativos a través del tiempo.

Para este estudio no se contaba con información previa de tiempos dentro de la empresa y se desconoce los tiempos de desempeño de organizaciones similares.

### **REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS**

Para el estudio de tiempos es necesario indicar cuales actividades fueron seleccionadas así como sus condicionantes y las personas responsables en la evaluación; partiendo de este punto, las actividades que se seleccionaron son:

- Preparación y armado de moldes.
- Carga y transporte de agregados a mezclado.
- Mezclado de materia prima.
- Carga y transporte de mezcla a hormigonado.

- Hormigonado y acabado.

En todos los procesos el agotamiento de recursos es parte del proceso de reposición, aunque con el plan de abastecimiento de materia prima y el flujo constante del proceso no se debería agotar en ninguna de sus etapas.

### **ANALISTA**

El analista del estudio fue el Sr. Andrés Josué Aguayo Aróstegui, egresado de Ingeniería Industrial, quien se desempeñaba como Jefe del área de producción de paneles de hormigón, sin experiencia previa pero con conocimiento del proceso.

### **SUPERVISOR**

El supervisor es el Sr. Víctor Ruiz sin profesión de 56 años, trabajando en la empresa desde sus inicios, fue designado Jefe del personal de paneles de hormigón, con experiencia y conocimiento previo del proceso.

## **SINDICATO**

No existe un sindicato ni asociación del personal, por cuanto es personal nuevo para un área nueva, pero esta abierta la posibilidad para su asociación.

## **OPERARIO**

Los operarios fueron seleccionados por el Supervisor y validados por el Analista, buscando que su rendimiento sea el más cercano a un rendimiento promedio.

## **EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS**

Los equipos empleados para el estudio son los siguientes:

- Reloj Digital con medición de tiempo continuo y con intervalos.
- Hoja de Registro de Información de la actividad realizada (ANEXO A).
- No se utilizaron equipos de grabación por políticas de la empresa, únicamente se pudieron captar imágenes fotográficas.

## COMPONENTES DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Los componentes que formaron parte del estudio y que han fueron seleccionados por el analista, con el soporte del supervisor se detallan a continuación:

### Operarios seleccionados

Los operarios seleccionados corresponden a las diversas etapas del proceso productivo, optando por aquellos que ya conocían la labor y que tenían desempeño más cercano al promedio, las personas elegidas se detallan a continuación:

**TABLA 66**  
**OPERARIOS SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO**

ACTIVIDAD	REQUERIDOS PARA EL ESTUDIO	NOMBRE REAL	NOMBRE ASIGNADO	EQUIPO DE TRABAJO
Preparación y armado de moldes	2	David Aguas	Operario A	Equipo 1
		José Cevallos	Operario B	
Paleado de agregados	2	Oscar Romero	Operario C	n/a
		Julián Borbor	Operario D	
Mezclado	3	Lisandro Segura	Operario E	Equipo 3
		Santiago Cortay	Operario F	
		Fernando Guzman	Operario G	
Carga de mezcla	1	Carlos Iza	Operario H	n/a
Transporte de mezcla	1	Edison Villanueva	Operario I	n/a
Hormigonado	1	Angel Timarán	Operario J	n/a
Acabado	1	Alejandro Reyes	Operario K	n/a

**Registro de información significativa**

La información significativa fue levantada a través del estudio de cada proceso, para los cuales se levantaron fichas con las novedades y requerimientos por proceso, las cuales están detalladas en el ANEXO H.

**Posición del observador**

En todas las actividades del proceso la posición del observador fue detrás del operario, a un lado del operario y frente al operario para visualizar la mayor cantidad de detalles posibles.

**División de la operación en elementos**

Las operaciones dentro de la planta de producción fueron divididas en elementos los cuales ayudaron a identificar los tiempos tomados de acuerdo a la labor que está realizando el operario. Los elementos fueron divididos por actividades como se muestra a continuación:

**TABLA 67****ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE PREPARACIÓN DE MOLDES****OPERACIÓN:** Preparación y armado de moldes**ALCANCE:** En moldes desarmados**OPERARIOS:** A, B (Equipo 1)

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Equipo 1 coloca soportes de apoyo para base de molde
2	Equipo 1 coloca base de molde sobre apoyo
3	Equipo 1 limpia base y marcos de moldes
4	Equipo 1 cuadra marco en base de molde
5	Equipo 1 coloca binchas de agarre
6	Equipo 1 riega desmoldante en superficie de base y marcos
7	Equipo 1 se transporta a siguiente puesto de trabajo

**TABLA 68****ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE CARGA DE AGREGADOS****OPERACIÓN:** Carga de materiales agregados en parihuelas**ALCANCE:** En carga de piedra y arena**OPERARIOS:** C o D

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario C o D levanta pala sin carga
2	Operario C o D palea material hasta llenar parihuela
3	Operario C o D deja pala
4	Operario C o D toma parihuela vacía
5	Operario C o D coloca parihuela vacía en posición de trabajo

**TABLA 69****ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE MEZCLADO**

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario E coloca boca de máquina en posición de carga
2	Operario E carga primer balde de agua en máquina
3	Operario E carga segundo balde de agua en máquina
4	Operario E carga tercer balde de agua en máquina
5	Equipo 3 carga primer viaje de piedra en mezcladora
6	Equipo 3 carga segundo viaje de piedra en mezcladora
7	Equipo 3 carga tercer viaje de piedra en mezcladora
8	Equipo 3 carga cuarto viaje de piedra en mezcladora
9	Operario E se moviliza a área de cemento y abre saco
10	Operario E transporta saco a mezcladora



**OPERACIÓN:** Mezclado

**ALCANCE:** En proceso completo de mezclado

**OPERARIOS:** F y G (Equipo 3) y E

SECUENCIA	ELEMENTO
11	Operario E descarga saco en mezcladora
12	Operario E baja boca de mezcladora
13	Operario E sube boca de mezcladora
14	Equipo 3 carga primer viaje de arena en mezcladora
15	Equipo 3 carga segundo viaje de arena en mezcladora
16	Equipo 3 carga tercer viaje de arena en mezcladora
17	Operario E baja boca de mezcladora
18	Operario E sube boca de mezcladora
19	Operario E descarga mezcla

**TABLA 70**

### **ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE CARGA DE MEZCLA**

**OPERACIÓN:** Carga de mezcla

**ALCANCE:** En carga de mezcla en concreteira

**OPERARIOS:** H

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario H arregla mezcla descargada con pala
2	Operario H carga mezcla en balde
	Operario H repite paso 2 hasta acabar mezcla disponible
3	Operario H deja pala en espera
4	Operario H humedece superficie
5	Operario H recoge pala

**TABLA 71**

### **ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE MEZCLA**

**OPERACIÓN:** Transporte de mezcla

**ALCANCE:** En transporte de mezcla fresca

**OPERARIOS:** I

SECUENCIA	ELEMENTO
2	Operario I levanta balde con mezcla sobre el hombro
3	Operario I transporta balde con mezcla a puesto de hormigonado
4	Operario I descarga balde con mezcla en puesto de hormigonado
5	Operario I transporta balde vacío a área de mezcla
6	Operario I deja balde vacío en espera de carga

**TABLA 72**  
**ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE HORMIGONADO**

**OPERACIÓN:** Hormigonado de paneles

**ALCANCE:** En mezcla fresca

**OPERARIOS:** J

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario J arrastra y acomoda mezcla en molde con mano derecha con bailejo
2	Operario J deja herramientas en área contigua
3	Operario J toma malla metálica
4	Operario J coloca malla metálica en molde con mezcla
5	Operario J toma herramientas
6	Operario J inserta malla en mezcla con ligeros golpes con bailejo
7	Operario J nivela superficie con mano derecha con regla mientras con mano izquierda con bailejo arrastra mezcla sobrante
8	Operario J recoge mezcla de bordes de panel con bailejo
9	Operario J coloca mezcla sobrante en molde contiguo por preparar
Repetir 8 y 9 mientras haya mezcla sobrante en bordes de molde	
10	Operario J se transporta a nueva mesa de trabajo con mezcla fresca para procesar

**TABLA 73**  
**ELEMENTOS DE LA OPERACIÓN DE ACABADO**

**OPERACIÓN:** Acabado de paneles

**ALCANCE:** En molde preparado 30 minutos antes

**OPERARIOS:** K

SECUENCIA	ELEMENTO
1	Operario K con paleta da giros circulares en superficie de panel
2	Operario K toma polvo de cemento-arena y rocía sobre la superficie con mano derecha
3	Operario K da acabado con paleta con suaves movimientos rectos
4	Operario K toma y coloca lona de yute humedecida sobre superficie de panel
5	Operario K se transporta a siguiente molde procesado previamente

## INICIO DEL ESTUDIO

Para el estudio de tiempo se utilizó el método continuo de tiempo, tomando el tiempo total de cada ciclo en cada actividad de acuerdo a definir el punto de inicio y fina de cada uno de ellos.

Tomando los tiempos observados en cada uno en promedio, se determinó la cantidad de ciclos a observar por cada actividad como se detalla a continuación utilizando la tabla de Westinghouse:

**TABLA 74**  
**CICLOS REQUERIDOS DE ESTUDIO POR PROCESO**

ACTIVIDAD	Tiempo promedio observado (min)	Ciclos requeridos de estudio	Ciclo definido
Preparación de moldes	4,98	15	2 moldes listos por equipo
Paleado de agregados	0,87	36	1 parihuela cargada
Mezclado	5,03	10	1 parada de mezcla preparada
Paleado de mezcla	0,22	121	1 balde cargado con mezcla
Transporte de mezcla	0,82	38	1 balde transportado y descargado
Hormigonado	2,95	15	1 panel preparado
Acabado	1,52	25	1 panel acabado

Es decir que se requerían muestras por la cantidad de ciclos requeridos para cada operación.

## CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL OPERARIO

La calificación de desempeño del operario implica la evaluación del rendimiento del personal durante el estudio, buscando

garantizar que su desarrollo en el proceso se aproxime al estándar.

Para este caso se utilizó el sistema Westinghouse evaluando la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la resistencia.

La evaluación se realizó individualmente en los casos labores individuales y en parejas en los casos de labores en equipo, el desempeño obtenido fue el siguiente:

**TABLA 75**  
**CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO POR OPERARIO**

OPERARIO	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	CONSISTENCIA	FACTOR DE DESEMPEÑO
OPERARIO A	-0.05	0.02	-0.03	0.01	0.95
OPERARIO B	0.00	0.02	-0.03	0.01	1.00
OPERARIO C	0.03	0.00	-0.03	0.00	1.00
OPERARIO D	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.97
OPERARIO E	0.03	0.00	-0.03	0.00	1.00
OPERARIO F	0.00	0.02	-0.03	0.03	1.02
OPERARIO G	0.00	0.02	-0.03	0.03	1.02
OPERARIO H	-0.05	0.00	-0.03	0.01	0.93
OPERARIO I	0.00	0.00	-0.03	0.01	0.98
OPERARIO J	0.06	0.00	-0.03	0.00	1.03
OPERARIO K	0.03	0.00	-0.03	0.00	1.00

El factor de condiciones presenta el mismo valor para todos los equipos por cuanto el estudio se realizó a la intemperie bajo el sol que afectó su rendimiento.

Estos valores de calificación de desempeño se aplicaron directamente en las hojas de cálculo para junto con los suplementos determinaron el estándar de tiempo.

### **SUPLEMENTOS**

Los suplementos representan los tiempos adicionales para cubrir necesidades no cubiertas por el estudio de tiempos, garantizando un rendimiento adecuado del personal.

Para este caso se asignaron los siguientes suplementos:

- Suplementos constantes
- Suplementos por fatiga variable
- Suplementos especiales

### **SUPLEMENTOS CONSTANTES**

Los suplementos constantes son considerados por necesidades personales y por fatiga básica en cualquier actividad que involucren actividades manuales, y para ello se asignaron los siguientes valores estandarizados a nivel general:

- Por necesidades personales se asignó un 5% que es el valorado para actividades en un taller típico a temperatura agradable, en este caso todas las actividades (excepto el paleado de agregados) se desarrollaron bajo techado sin ambiente cerrado, garantizando la ventilación constante.
- Por fatiga básica se ha asignado un 4% que es el valorado para quienes realizan un trabajo ligero, sentado y en buenas condiciones sin exigencias motrices especiales, las consideraciones adicionales por posturas y ritmos de trabajo se asignarán en las fatigas variables.

### **SUPLEMENTOS POR FATIGA VARIABLE**

Los suplementos por fatiga variable toman en cuenta el desgaste por el tipo de actividad que realizan los operarios y se tomaron las siguientes consideraciones:

- Por postura anormal, se agrega un 2% por cuanto todas las actividades fueron realizadas en posición de pie.
- Por fuerza muscular no hay suplementos de acuerdo al análisis de gasto calórico desarrollado previamente y la fórmula de asignación de descanso según la tabla adjunta:

$$SD (f) = (\Delta W/4 - 1) \times 100$$

**TABLA 76**  
**SUPLEMENTO POR FUERZA MUSCULAR POR OPERACIÓN**

OPERACIÓN	W (kcal/min)	$\Delta W$ (W-1,33) (kcal/min)	SD (%)	CONCLUSIÓN
Preparación y armado de moldes	3.49	2.16	-46%	No requerido suplemento
Paleado de agregados	4.13	2.80	-30%	No requerido suplemento
Jefe de cuadrilla en mezcladora	3.49	2.16	-46%	No requerido suplemento
Operarios en mezcladora	5.13	3.80	-5%	No requerido suplemento
Paleado de mezcla	4.39	3.06	-23%	No requerido suplemento
Transporte de mezcla	5.12	3.79	-5%	No requerido suplemento
Hormigonado	3.66	2.33	-42%	No requerido suplemento
Acabado	3.54	2.21	-45%	No requerido suplemento

- Por condiciones de trabajo, de acuerdo al gasto energético realizado por cada actividad y la temperatura en que se desarrolló cada una de ellas, no requieren suplemento para nivelar los tiempos observados, estos cálculos están detallados en la tabla a continuación:

$$SD(c) = e^{(-41.5 + 0.0161 W + 0.497 TGBH)}$$

**TABLA 77**  
**SUPLEMENTO POR CONDICIONES DE TRABAJO POR OPERACIÓN**

OPERACIÓN	W (kcal/min)	TGBH (°F)	SD (%)	CONCLUSIÓN
Preparación y armado de moldes	3,49	77	0	No requerido suplemento
Paleado de agregados	4,13	82	0	No requerido suplemento

OPERACIÓN	W (kcal/min)	TGBH (°F)	SD (%)	CONCLUSIÓN
Jefe de cuadrilla en mezcladora	3,49	77	0	No requerido suplemento
Operarios en mezcladora	5,13	77	0	No requerido suplemento
Paleado de mezcla	4,39	77	0	No requerido suplemento
Transporte de mezcla	5,12	77	0	No requerido suplemento
Hormigonado	3,66	77	0	No requerido suplemento
Acabado	3,54	77	0	No requerido suplemento

- Por ruido no hay suplemento de acuerdo al análisis con las muestras de intensidad de sonido tomadas en todas las áreas de la planta, tal como se detalla a continuación:

$$SD (r) = 100 \times (D - 1)$$

**TABLA 78**  
**SUPLEMENTO POR RUIDO POR OPERACIÓN**

OPERACIÓN	I (dB)	D (C/T)	SD (%)	CONCLUSIÓN
Preparación y armado de moldes	60	-		No requerido suplemento
Paleado de agregados	60	-		No requerido suplemento
Jefe de cuadrilla en mezcladora	85	0,50	-50%	No requerido suplemento
Operarios en mezcladora	85	0,50	-50%	No requerido suplemento
Paleado de mezcla	60	-		No requerido suplemento
Transporte de mezcla	60	-		No requerido suplemento
Hormigonado	60	-		No requerido suplemento
Acabado	60	-		No requerido suplemento



- Por iluminación no hay suplemento considerando el diseño que se hizo en planta para asegurar suficiente luminosidad durante la jornada laboral y en casos de que se extienda en mayores horarios, la iluminación es superior a la recomendada, por lo cual no hay suplementos por esta condición.
- En la categoría correspondiente a tensión visual, estrés mental, monotonía y tedio, se asignaron suplementos a cada categoría de acuerdo a las actividades que cada una de estas implicada de la siguiente manera:

**Tensión visual:** Trabajo que no requiere detalles finos SD = 0 %

**Estrés mental:** Proceso sencillo sin complicaciones SD = 0 %

**Monotonía:** Nivel bajo de monotonía (repetitivo mental)SD = 0 %

**Tedio:** Nivel medio de tedio (repetitivo físico) SD = 2 %

De acuerdo a cada una de las categorías anteriores, el suplemento por fatiga variable por actividad de trabajo se presenta a continuación:

**TABLA 79**  
**SUPLEMENTO POR FATIGA VARIABLE POR OPERACIÓN**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>POSTURA ANORMAL</b>	<b>TEDIO</b>	<b>SUPLEMENTO VARIABLE</b>
Preparación y armado de moldes	2%	2%	4%
Paleado de agregados	2%	2%	4%
Jefe de cuadrilla en mezcladora	2%	2%	4%
Operarios en mezcladora	2%	2%	4%
Paleado de mezcla	2%	2%	4%
Transporte de mezcla	2%	2%	4%
Hormigonado	2%	2%	4%
Acabado	2%	2%	4%

### **SUPLEMENTOS ESPECIALES**

Los suplementos especiales consideran acontecimientos no previstos por fatigas no condiciones de trabajo.

Los suplementos especiales para preparación han sido considerados dentro de la programación de tiempo de la sección de preparación y herramientas del análisis de operaciones.

Con estas consideraciones no se asignan suplementos especiales.

### DETERMINACIÓN DEL SUPLEMENTO

Con los aspectos presentados y analizados por fatiga constante, fatiga variable y suplementos especiales, el valor a aplicar de suplemento en todas las actividades es el siguiente:

**TABLA 80**  
**SUPLEMENTO TOTAL DEL PROCESO**

FATIGA CONSTANTE	FATIGA VARIABLE	ESPECIALES	SUPLEMENTO TOTAL
9%	4%	0%	13%

### DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESTÁNDAR

Con la información recopilada en el estudio de tiempos, la asignación de factores de desempeño y determinación de suplementos requeridos fue posible calcular el tiempo estándar por actividad tal como se presenta a continuación:

**TABLA 81**  
**DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESTÁNDAR POR OPERACIÓN**

OPERACIÓN	Tiempo observado (seg)	Factor de nivelación	Suplementos	Tiempo estándar (seg)
Preparación de moldes	298.62	95%	13%	320.57
Paleado de piedra	54.18	100%	13%	61.22
Paleado de arena	53.85	97%	13%	59.02
Mezclado	348.76	101%	13%	397.01
Paleado de mezcla	14.19	93%	13%	14.91
Transporte de mezcla	46.31	98%	13%	51.28
Hormigonado	176.94	103%	13%	205.94
Acabado	91.33	100%	13%	103.20

OPERACIÓN	Unidad
Preparación de moldes	4 moldes ABC, 2 moldes DFG, 4 moldes H
Paleado de piedra	1 parihuela
Paleado de arena	1 parihuela
Mezclado	1 parada
Paleado de mezcla	1 balde cargado
Transporte de mezcla	1 balde transportado
Hormigonado	1 m2 hormigonado
Acabado	1 m2 terminado

El detalle de los tiempos tomados por operación está detallado en el ANEXO I.

#### 4.3. BALANCE DE LÍNEA DE OPERACIONES DE MANUFACTURA

El balance de línea busca unificar el tiempo de atención y de equiparar y asignar recursos donde sea necesario para satisfacer el tiempo esperado de producción.

En el punto anterior se obtuvieron los estándares de tiempo con los cuales se procedió a desarrollar el balanceo de operaciones y asignar los recursos necesarios hasta satisfacer la demanda de cada operación.

La cantidad de unidades a trabajar por casa por operación se presenta en el siguiente cuadro que servirá posteriormente para determinar la tasa de ciclo por actividad:

**TABLA 82**  
**REQUERIMIENTOS DE UNIDADES PROCESADAS POR OPERACIÓN**

<b>REQUERIMIENTOS POR CASA</b>		
<b>OPERACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>Acabado</b>	77,675	m2
<b>Hormigonado</b>	77,675	m2
<b>Transporte de mezcla</b>	460	baldes
<b>Carga de mezcla</b>	460	baldes
<b>Mezclado</b>	20	paradas
<b>Carga de piedra</b>	80	parihuelas
<b>Carga de arena</b>	60	parihuelas
<b>Preparación de moldes</b>	105	moldes

**Tasa de producción esperada.**

La tasa de producción esperada corresponde a 7.69 casas diarias hormigonadas, de acuerdo al planeamiento en el capítulo 3.

**TABLA 83**  
**TASA DE PRODUCCIÓN ESPERADA DEL PROCESO**

<b>Tasa de producción esperada</b>	7.69	<b>casas/día</b>
<b>Tasa de producción esperada</b>	0.02	<b>casas/min</b>

**Dividir el proceso en operaciones.**

El proceso fue dividido en operaciones previamente en el análisis de operaciones y estudio de tiempos, las cuales ya han sido medidas, el detalle de cada actividad y su equivalencia en tasa de producción se presenta a continuación:

**TABLA 84**  
**TASA DE PRODUCCIÓN ESPERADA POR OPERACIÓN**

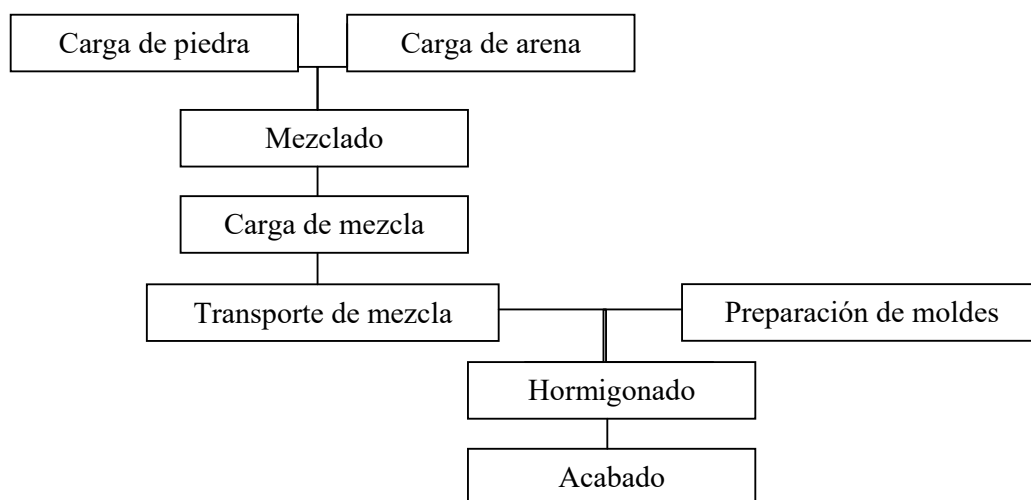
Tasa de producción esperada	7.69	casas/día
Tiempo disponible diario*	494.7	minutos

\* No considera la hora extra de jornada laboral

OPERACIÓN	TASA X DÍA		TASA X MINUTO	
Acabado	621.4	m2/día	1.26	m2/min
Hormigonado	621.4	m2/día	1.26	m2/min
Transporte de mezcla	3538	baldes/día	7.15	baldes/min
Carga de mezcla	3538	baldes/día	7.15	baldes/min
Mezclado	154	paradas/día	0.31	paradas/min
Carga de piedra	615	parihuelas/día	1.24	parihuelas/min
Carga de arena	462	parihuelas/día	0.93	parihuelas/min
Preparación de moldes	808	puestos/día	1.63	puestos/min

**Identificar la secuencia de operaciones necesaria.**

La secuencia de operaciones se definió como se presenta a continuación:



**Figura 4.20. Diagrama de secuencia de operaciones**

La misma secuencia se presenta como tabla:

**TABLA 85**  
**SECUENCIA DE OPERACIONES**

SECUENCIA	OPERACIÓN
1a	Carga de arena
1b	Carga de piedra
2	Mezclado
3	Carga de mezcla
4a	Preparación de moldes
4b	Transporte de mezcla
5	Hormigonado
6	Acabado

**Identificar el tiempo necesario por operación.**

Los tiempos necesarios por operación fueron obtenidos del estudio de tiempos realizado previamente, los cuales se detallan a continuación:

**TABLA 86**  
**TIEMPOS Y UNIDADES NECESARIAS POR OPERACIÓN**

Operación	Tiempo estándar (seg)	Unidad de medida
Preparación de moldes	320,57	2 moldes DFG, 4 moldes ABCH
Paleado de piedra	61,22	1 parihuela (aprox 40 kg)
Paleado de arena	59,02	1 parihuela (aprox 40 kg)
Mezclado	397,36	1 parada
Paleado de mezcla	14,91	1 balde cargado (aprox 16 kg mezcla)
Transporte de mezcla	18,50	1 balde cargado (aprox 16 kg mezcla)
Hormigonado	220,49	1 m2 hormigonado
Acabado	111,25	1 m2 hormigonado

El proceso completo fue estudiado en el análisis de operaciones, por lo cual no se hace énfasis en ese aspecto en este punto.

### Algoritmo de balanceo

Para proceder con el balanceo fue necesario que todas las operaciones estén unificadas en medidas de tiempo, por lo cual se encuentran medidas en el tiempo necesario de producción por un equivalente de metro cuadrado por cada operación con una persona o equipo de trabajo dependiendo de la actividad, la necesidad de mayores recursos surgió como parte del algoritmo de balanceo. La tabla de tiempos unificada por operación se presenta a continuación:

**TABLA 87**  
**TIEMPO REQUERIDO POR OPERACIÓN POR RECURSO POR CASA**

<b>Tiempo (min) requerido por casa por 1 equipo o persona por operación</b>		
<b>Operación</b>	<b>Tiempo requerido (min)</b>	<b>Producido</b>
Preparación de moldes	184,33	105 moldes preparado
Paleado de piedra	108,84	80 parihuelas cargadas
Paleado de arena	59,02	60 parihuelas cargadas
Mezclado	132,45	20 paradas
Paleado de mezcla	114,31	460 baldes cargados
Transporte de mezcla	309,35	460 baldes transportados
Hormigonado	285,45	77,675 m <sup>2</sup> hormigonados
Acabado	144,03	77,675 m <sup>2</sup> acabados

El siguiente paso requirió la visualización de los procesos así como su interacción, y flujo de materiales y productos, el cual se presenta en forma de diagrama en el ANEXO F.



Para balancear la operación fue requerido conocer el tiempo al cual se quiere ajustar el proceso en función del tiempo disponible por jornada de trabajo y de la demanda esperada, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

**TABLA 88**  
**TIEMPO DE CICLO REQUERIDO**

<b>Demanda esperada</b>	7.6923	casas/día
<b>Tiempo disponible diario*</b>	494.70	minutos/día

\* No considera hora extra de jornada laboral

<b>Tiempo de ciclo requerido</b>	64.31	minutos/casa
----------------------------------	-------	--------------

El tipo de tecnología utilizada por operación se detalla a continuación:

**TABLA 89**  
**TIPO DE TECNOLOGÍA POR OPERACIÓN**

<b>Operación</b>	<b>Tecnología</b>
Preparación y armado de moldes	Manual
Paleado de piedra	Manual
Paleado de arena	Manual
Mezclado	Mecánico
Paleado de mezcla	Manual
Transporte de mezcla	Manual
Hormigonado	Manual
Acabado	Manual

Con todos estos datos fue posible desarrollar la tabla de balance de operaciones, la misma que esta presentada completa con cada iteración en el ANEXO J.

Según el esquema inicial alternativa A con 11 personas que arranquen el proceso se llegaría a un tope de 33 casas por mes, en un tiempo de ciclo alejado del requerido de 309.35 minutos por casa, y con un costo en personal de aproximadamente \$177.24 por casa.

A través del proceso de iteraciones se fueron presentando más alternativas, hasta llegar a la alternativa Q en la cual se presenta una situación para tomar decisiones en la cual al haber asignado recursos al proceso restrictivo en ese punto, de mezclado, este queda a aproximadamente 2 minutos del tiempo de ciclo requerido.

Con estos datos se plantean 2 nuevas alternativas para cumplir el tiempo de ciclo requerido por esta actividad:

- La alternativa R sugiere asignar un nuevo recurso de mezclado, lo cual implicaría una inversión en un tercer equipo, programar el espacio en planta para su operatividad y la adición de 5 personas más en el proceso, la tabla final con esta opción se presenta a continuación:

**TABLA 90**  
**BALANCEO SEGÚN ALTERNATIVA R**

Actividades	Precedencia	TIEMPO DISPONIBLE X CASA			Tiempo de ciclo requerido	64,311
		Tecnología	V máx/op (casa/min)	Tiempo estándar (min/casa)	Tiempo de ciclo según recursos	
Preparación de moldes	4a	M	0,0054	184,33	61,44	6
Carga de piedra	1a	M	0,0092	108,84	54,42	2
Carga de arena	1b	M	0,0169	59,02	59,02	1
Mezclado	2	S	0,0075	132,45	44,15	9
Carga de mezcla	3	M	0,0087	114,31	38,10	3
Transporte de mezcla	4b	M	0,0025	393,11	56,16	7
Hormigonado	5	M	0,0033	299,45	59,89	5
Acabado	6	M	0,0063	158,03	52,68	3
				<b>1.449,53</b>		
<b>TOTAL PERSONAS</b>						36
<b>TOTAL MIN/UND PERMITIDOS</b>						2211,93
<b>PORCENTAJE UTILIZACIÓN</b>						66%

ALTERNATIVAS	R
CASAS/MES	209
SUELDO (aprox)	\$532,50
No. PERSONAS	36
TOTAL SUELDO	\$ 19.170,07
DÓLARES/UNID	\$91,58

- La alternativa S sugiere incrementar la jornada laboral en una hora, pagándose extra al personal por ese tiempo, de tal manera que el tiempo de ciclo requerido aumenta al tener mayor disponibilidad de tiempo, y el tiempo disponible fue presentado en el análisis de operaciones en la sección de preparación; la tabla final con esta opción se presenta a continuación:

**TABLA 91**  
**BALANCEO SEGÚN ALTERNATIVA S**

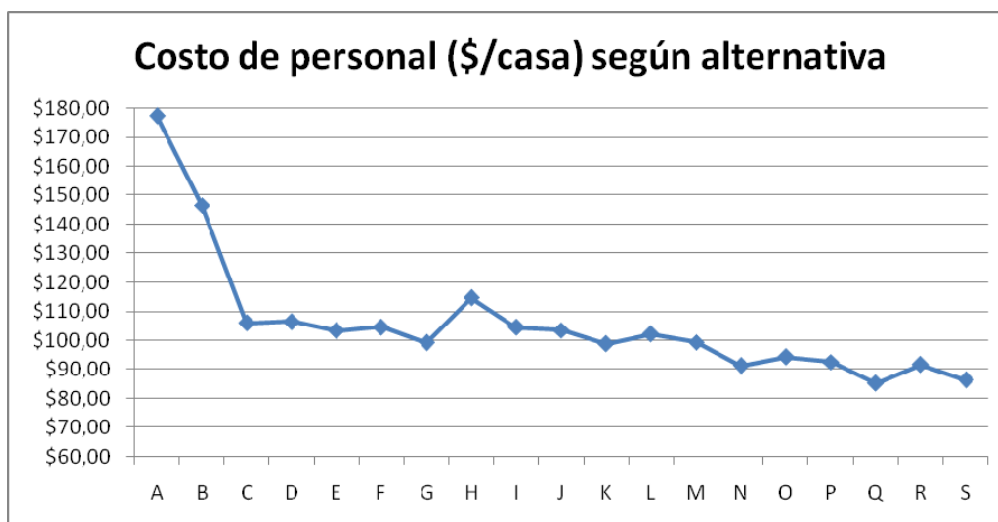
Actividades	Precedencia	TIEMPO DISPONIBLE X CASA			Tiempo de ciclo requerido	66,688
		Tecnología	V máx/op (casa/min)	Tiempo estándar (min/casa)	Tiempo de ciclo según recursos	66,227
Preparación de moldes	4a	M	0,0054	184,33	61,44	6
Carga de piedra	1a	M	0,0092	108,84	54,42	2
Carga de arena	1b	M	0,0169	59,02	59,02	1
Mezclado	2	S	0,0075	132,45	66,23	6
Carga de mezcla	3	M	0,0087	114,31	57,16	2
Transporte de mezcla	4b	M	0,0025	393,11	65,52	6
Hormigonado	5	M	0,0033	299,45	59,89	5
Acabado	6	M	0,0063	158,03	52,68	3
<b>1.449,53</b>						
<b>TOTAL PERSONAS</b>						31
<b>TOTAL MIN/UND PERMITIDOS</b>						2053,03
<b>PORCENTAJE UTILIZACION</b>						71%

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>S</b>
<b>CASAS/MES</b>	209
<b>SUELDO (aprox)</b>	\$583,47
<b>No. PERSONAS</b>	31
<b>TOTAL SUELDO</b>	\$ 18.087,68
<b>DÓLARES/UNID</b>	\$86,36

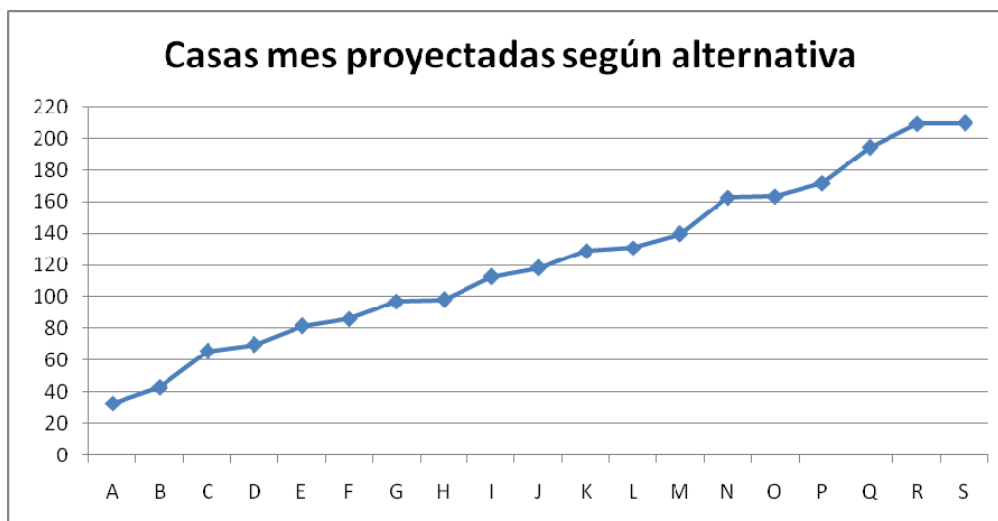
La alternativa S de incrementar la jornada laboral en una hora, tiene un costo menor de \$5.22 por casa que la alternativa R, pero adicionalmente implica no invertir en más equipos ni destinar mayor espacio físico a esta área, por este motivo se sugiere implementar la alternativa S de incrementar la jornada laboral.

El movimiento del costo de personal de acuerdo a las alternativas, es decir cantidad de personas trabajando y cantidad de casas proyectadas se va reduciendo según las alternativas, de \$ 177.24 por casa cumpliendo 33 casas al mes, hasta \$ 86.36 por casa cumpliendo 209 casas al mes, es decir que se llegó a una

reducción del 51% en costo por casa desde la alternativa inicial hasta una alternativa que satisfaga la proyección, mientras que la producción estimada se incrementa un 540% de 33 casas en la alternativa A a 209 casas en la alternativa S, esto se puede apreciar en los siguientes gráficos:



**Figura 4.21. Tendencia del costo de personal por casa según alternativa**



**Figura 4.22. Tendencia casas mes proyectadas según alternativa**

De acuerdo a las gráficas, la cantidad de casas se incrementa hasta lo proyectado mientras el costo por casa se va reduciendo, el mínimo valor por casa lo presenta una alternativa que no llega a cumplir la cantidad de casas esperadas, pero cumpliendo la cantidad de casas esperadas, el costo se incrementa ligeramente de ese mínimo valor en \$ 1.12 por casa, de la alternativa Q a la S.

Del balanceo de línea de concluye que se requieren 31 operarios, con un sueldo aproximado que incluye beneficios de ley y pagos de horas extra por persona de \$ 544.47; el total de sueldo a invertir con esta cantidad de personas es de aproximadamente \$ 18087.68 mensuales, dejando un costo de \$ 86.36 por casa.

### **SIMULACIÓN DEL PROCESO**

La simulación del proceso corresponde a verificar en un software especializado de modelar procesos de producción, en este caso se utilizó Promodel y se colocaron las siguientes especificaciones:

### **DEFINICIÓN DE LOCACIONES**

Las locaciones definidas (puestos de trabajo y máquinas) fueron las siguientes:

















Locations						
Icon	Name	Cap.	Units	Dts...	Stats...	Rules...
	PIEDRA	INF	1	None	Time Series	Oldest
	ARENA	INF	1	None	Time Series	Oldest
	STOCKPARIPIE	16	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	STOCKPARIARE	12	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	MEZPARIPI	4	1	None	Time Series	Oldest, LIFO
	MEZPARI1	3	1	None	Time Series	Oldest, LIFO
	MEZPARI2	4	1	None	Time Series	Oldest, LIFO
	MEZPARI2	3	1	None	Time Series	Oldest, LIFO
	MEZCLADO1	7	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	MEZCLADO2	7	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	MEZCLA1	2	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	MEZCLA2	2	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	STOCKMEZCLA1	23	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	STOCKMEZCLA2	23	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	BALDES1	6	1	None	Time Series	Oldest, FIFO
	BALDES2	6	1	None	Time Series	Oldest, FIFO












Figura 4.23. Locaciones del proceso

- La piedra y arena contaron con capacidad infinita por el espacio físico disponible no restringe la operación en flujo ni continuidad.
- Se utilizó un stock de 16 parihuelas para cargar piedra y 12 parihuelas para cargar arena.
- En la mezcladora se almacenó máximo la cantidad de parihuelas a procesar.
- La capacidad de las mezcladoras fue suficiente para soportar todo el material proveniente de las parihuelas.
- La capacidad de la zona de mezcla fue de 2 paradas que se procesan en 23 baldes, aunque la capacidad de baldes disponibles es de 6 por puesto de paleado de mezcla.

- La capacidad de los puestos de hormigonados fue igual a la cantidad de moldes a preparar.
- En todos los procesos se usa la regla (FIFO) Primero en entrar y primero en salir.

## DEFINICIÓN DE ENTIDADES

Las entidades definidas (elementos a ser procesados) para este modelo son los siguientes:

Entities			
Icon	Name	Speed (mpm)	Stats...
	PARIPIEDRA	0	Time Series
	PARIARENA	0	Time Series
	PARADA	0	Time Series
	BALDES	0	Time Series
	PANELA	0	Time Series
	PANELB	0	Time Series
	PANELC	0	Time Series
	PANELD	0	Time Series
	PANELF	0	Time Series
	PANELG	0	Time Series
	PANELH	0	Time Series

**Figura 4.24. Entidades del proceso**

Se definieron entidades para todos aquellos elementos que reciben algún tipo de procesamiento, en este caso corresponden a:

- Dos tipos de entidades para parihuelas, una de piedra y otra de arena a ser procesados en el paleado de agregados.



- Un tipo de entidad para la parada de mezcla a ser procesado por la mezcladora.
- Un tipo de entidad para los baldes a ser procesados en el paleado de mezcla.
- Siete tipos de entidades para paneles de hormigón de acuerdo a su tipo a ser procesados en los puestos de hormigonado.
- Todas las entidades se asignaron con velocidad cero por cuanto no se desplazan por sí mismas.

## DEFINICIÓN DE RECURSOS

Los recursos definidos para este modelo son los siguientes:

Resources							
Icon	Name	Units	DTs...	Stats...	Specs...	Search...	Logic...
	PALEADORP	2	None	By Unit	No Network	None	0
	PALEADORA	1	None	By Unit	No Network	None	0
	PALEADORM1	1	None	By Unit	No Network	None	0
	PALEADORM2	1	None	By Unit	No Network	None	0
	TRANSMEZCLA	6	None	By Unit	No Network	None	0
	MAESTRO	5	None	By Unit	No Network	None	0
	ACABADO	3	None	By Unit	No Network	None	0

Figura 4.25. Recursos del proceso

Se han definido recursos para todas aquellas personas que interactuaron directamente con las entidades en algún procesamiento (de producción o transporte), que en este caso corresponden a:

- Dos recursos para el paleado de agregado piedra.

- Un recurso para el paleado de agregado arena.
- Un paleador para la mezcla del equipo de mezclado 1 y otro para el equipo de mezclado 2, se los definió por separado debido a que cada uno trabaja en una estación de trabajo independiente.
- Seis recursos para el transporte de mezcla.
- Tres recursos para el acabado de los paneles de hormigón.

## DEFINICIÓN DE ARRIBOS

Los arribos definidos para este modelo son los siguientes:

Arrivals					
Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency
PARIPIEDRA	PIEDRA	260	0	inf	200
PARIARENA	ARENA	320	0	INF	350

**Figura 4.26. Arribos del proceso**

Los arribos se utilizaron para la llegada y entrada de entidades al sistema a una locación específica, en este caso corresponden a:

- Arribo de piedra como entidad PARIPIEDRA, por lo cual la cantidad de piedra que arriba fue convertida a un aproximado de parihuela de piedra por volquetada, que es 260 parihuelas por viaje, y que se realiza en aproximadamente cada 200 minutos.

- Arribo de arena como entidad PARIARENA, por lo cual la cantidad de arena que arriba fue convertida a un aproximado de parihuelas de arena por volquetada, que es 320 parihuelas por viaje, y que se realiza en aproximadamente cada 350 minutos.

## PROCESAMIENTO

La interacción de los arribos, entidades, locaciones y recursos fueron programados en el procesamiento del modelo, el cual gráficamente se presenta a continuación:

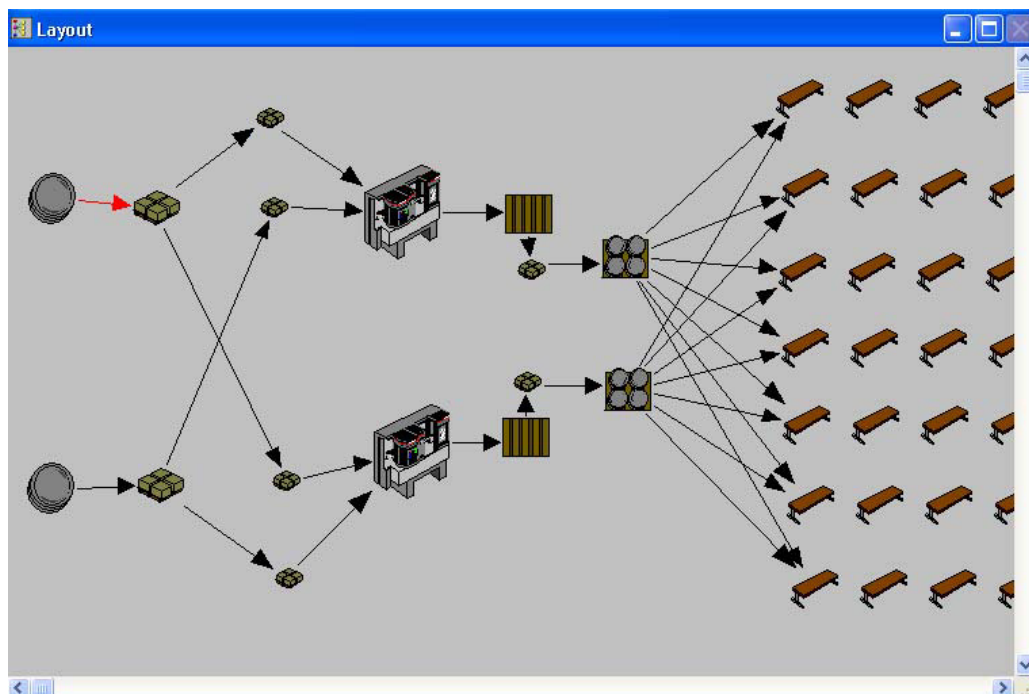


Figura 4.27. Layout del proceso

Las observaciones respecto al modelo son las siguientes:

- Los puntos donde se ven cruces, se debían a locaciones que eran alimentadas por una fuente común de origen, lo cual no implica que en la puesta en marcha del modelo se den cruces continuos.
- Se agregó una locación de apoyo para el modelo, no existente en la realidad, para el proceso interno de la mezcla en 23 baldes de mezcla, el procesamiento real con el tiempo esperado de cada balde esta en la locación subsiguiente.

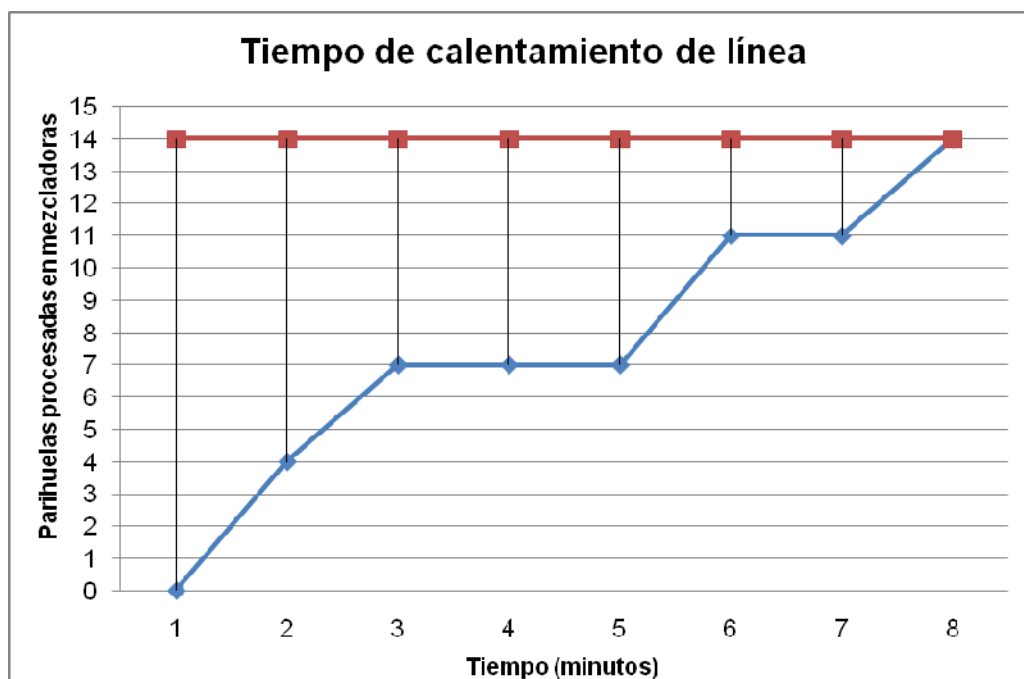
### **TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE LÍNEA**

La línea de producción previa a su operación normal requiere un tiempo en el cual se llenen los stocks de las actividades previstas para mantener el flujo continuo de la operación. Para este caso se definió el calentamiento de línea hasta el punto en el cual las mezcladoras fueron abastecidas con mezcla, punto desde el cual la operación se vuelve regular.

De acuerdo a la modelación del proceso las parihuelas procesadas en mezcladoras y el tiempo correspondiente se presentan a continuación:

**TABLA 92**  
**TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE LÍNEA**

Tiempo de calentamiento de línea	
Tiempo (minutos)	Parihuelas procesadas en mezcladoras
1	0
2	4
3	7
4	7
5	7
6	11
7	11
8	14



**Figura 4.28. Gráfico del tiempo de calentamiento de línea**

De acuerdo a la tabla y gráfico obtenidos de la programación, a los 8 minutos ambas mezcladoras se encuentran procesando toda la mezcla previo a arrancar el flujo continuo de la operación; por lo tanto el tiempo de calentamiento requerido es de 8 minutos.

### TIEMPO DISPONIBLE DE TRABAJO

Aunque el tiempo disponible de trabajo fue de 533.50 minutos que considera una hora extra diaria de trabajo, de los cuales 8 minutos corresponden al calentamiento de la línea se obtuvo el siguiente resultado en hormigonado:

**TABLA 93**  
**TOTAL DE BALDES PROCESADOS POR HORMIGONADO CORRIDA 1**

PANEL	CORRIDA 1
A	32
B	279
C	141
D	195
F	924
G	372
H	1604
<b>TIEMPO OPERATIVO (Hr)</b>	8,76
<b>TIEMPO CALENTAMIENTO (Hr)</b>	0,13
<b>TIEMPO TOTAL (Hr)</b>	8,89
<b>TIEMPO TOTAL (Min)</b>	533,5

Es decir que el tiempo disponible de producción fue suficiente para satisfacer la cantidad de baldes requeridos por cada estación de hormigonado.

Realizando iteraciones en la simulación con el tiempo total de producción, se obtuvo que en 8.72 horas, es decir en 524 minutos se obtuvo la misma cantidad de producción; en tiempos menores a

este disminuye la cantidad total de producción; esto quiere decir que adicional se cuenta con aproximadamente 9.5 minutos del tiempo total para actividades de limpieza, arreglo de estaciones de trabajo, producción pendiente o cualquier otro adicional que la planta requiera. La tabla con los resultados de las iteraciones se presenta a continuación:

**TABLA 94**  
**TOTAL DE BALDES PROCESADOS POR HORMIGONADO CORRIDA 5**

PANEL	CORRIDA 1	CORRIDA 2	CORRIDA 3	CORRIDA 4	CORRIDA 5
A	32	32	32	32	32
B	279	279	279	279	279
C	141	141	141	141	141
D	195	195	195	195	195
F	924	924	924	924	924
G	372	372	372	372	370
H	1604	1604	1604	1604	1604
<b>TIEMPO OPERATIVO (Hr)</b>	8,76	8,70	8,65	8,60	8,59
<b>TIEMPO DE CALENTAMIENTO (Hr)</b>				0,13	
<b>TIEMPO TOTAL (Hr)</b>	<b>8,89</b>	<b>8,83</b>	<b>8,78</b>	<b>8,73</b>	<b>8,72</b>
<b>TIEMPO TOTAL (min)</b>	<b>533,5</b>	<b>530,0</b>	<b>527,0</b>	<b>524,0</b>	<b>523,4</b>

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de resultados corresponde a los valores obtenidos a partir de las tablas de PROMODEL, las cuales serán explicadas a detalle cada una de ellas.

## REPORTE GENERAL

El archivo fue corrido para resultados el 5 de Enero del 2010, en una corrida normal, en una sola réplica.

Tal como se determinó preliminarmente el tiempo de calentamiento utilizado fue de 0.13 horas, es decir 8 minutos, mientras que el tiempo de simulación total fue de 8.73 horas, es decir aproximadamente 525 minutos.

**TABLA 95**  
**REPORTE GENERAL DE LA SIMULACIÓN**

General Report	
<b>Output from</b>	E:\TESIS\TESIS FINAL\Soporte NEW TESIS\SIMULACION\SIMULACION FINAL.MOD
	PANELES DE HORMIGON
<b>Date:</b>	Jan/05/2010 Time: 06:27:04 AM
<b>Scenario:</b>	Normal Run
<b>Replication:</b>	1 of 1
<b>Warmup Time:</b>	0.13
<b>Simulation Time:</b>	8.73

## REPORTE DE LOCACIONES

La tabla de locaciones presenta datos generales de las estaciones de trabajo presentadas y simuladas, como las horas programadas, el total de entidades que entraron por la locación, los minutos promedio utilizados en cada entrada, cuantas entidades promedio ha tenido la locación en general por el tiempo programado, el contenido final de entidades al finalizar la simulación y la



utilización proyectada de cada estación, una interpretación más detallada se presenta a continuación:

**TABLA 96**  
**REPORTE DE LOCACIONES DE LA SIMULACIÓN**

Nombre de la locación	Horas programadas	Capacidad	Total de entradas	Minutos promedio por entrada
PIEDRA	8,60	999999	766	96,67
ARENA	8,60	999999	632	144,00
STOCKPARIPIE	8,60	16	638	12,64
STOCKPARIARE	8,60	12	478	10,36
MEZPARIP1	8,60	4	316	6,52
MEZPARIA1	8,60	3	237	6,50
MEZPARIP2	8,60	4	312	6,61
MEZPARIA2	8,60	3	234	6,61
MEZCLADO1	8,60	7	553	6,53
MEZCLADO2	8,60	7	546	6,61
MEZCLA1	8,60	2	78	0,00
MEZCLA2	8,60	2	77	0,00
STOCKMEZCLA1	8,60	23	1794	2,99
STOCKMEZCLA2	8,60	23	1771	3,00
BALDES1	8,60	6	1788	1,12
BALDES2	8,60	6	1771	1,08

Nombre de la locación	Contenido promedio (entidades)	Máximo contenido	Contenido final	Porcentaje de utilización
PIEDRA	143,5	276	128	0,01
ARENA	176,4	320	154	0,02
STOCKPARIPIE	15,6	16	16	97,68
STOCKPARIARE	9,6	12	12	79,99
MEZPARIP1	4,0	4	4	99,94
MEZPARIA1	3,0	3	3	99,59
MEZPARIP2	4,0	4	4	99,98
MEZPARIA2	3,0	3	3	99,95
MEZCLADO1	7,0	7	7	100,00
MEZCLADO2	7,0	7	7	99,99
MEZCLA1	0,0	1	0	0,00
MEZCLA2	0,0	1	0	0,00
STOCKMEZCLA1	10,4	23	6	45,31
STOCKMEZCLA2	10,3	23	0	44,77
BALDES1	3,9	6	6	65,05
BALDES2	3,7	6	6	62,29

- Locaciones piedra y arena no se mide utilización al considerar su capacidad como ilimitada, al finalizar la jornada quedaron con producto remanente para la siguiente jornada de trabajo.
- Locaciones de stock de parihuelas de piedra y arena tienen alta utilización, 98% y 80% respectivamente, lo cual indica que siempre hubo disponibilidad para la etapa de mezclado, al final de la jornada esta quedó llena en su capacidad, pudiendo ser utilizadas en la siguiente jornada de trabajo.
- Locaciones de uso de piedra y arena en mezcladoras tienen alta utilización por cuanto son constantemente provistas por el proceso anterior, al final de la jornada quedaron llenas en su capacidad, pudiendo ser utilizadas en la siguiente jornada de trabajo.
- Las mezcladoras tienen alta utilización 100% por cuanto son utilizadas en todo el ciclo productivo, y con provisión constante de materiales, según la simulación al final de la jornada están mezclando, es necesario en la producción real parar la mezcladora al llenar los moldes disponibles, ya que cualquier mezcla adicional se desperdicia, esta debe quedar completamente descargada para la siguiente jornada de trabajo.

- Los stock de mezcla después de la mezcladora, tienen utilizaciones de aproximadamente el 45%, esto es debido a que al descargar la mezcla fue inmediatamente utilizada para la carga de baldes, al final de la hornada según la simulación quedan 6 baldes de mezcla al granel, pero en la realidad esta zona debe quedar completamente descargada, ya que cualquier mezcla adicional a todos los moldes llenos se convertiría en desperdicio.
- El stock de baldes con mezcla, tienen utilizaciones entre el 62% y 65%, considerando que el consumo de material es constante, al final de la jornada según la simulación quedarían 12 baldes cargados, pero en la realidad esta zona debe quedar completamente descargada, ya que la mezcla que no se utilice se convierte en desperdicio al endurecerse si no está en los moldes.

**TABLA 97**  
**REPORTE DE LOCACIONES MOLDES DE LA SIMULACIÓN**

Nombre de la locación	Horas programadas	Capacidad (Locaciones)	Total de entradas (baldes de mezcla)	Minutos promedio por locación
MOLDESA	137,60	16	32	509,16
MOLDESB	799,80	93	279	464,21
MOLDESC	404,20	47	141	403,73
MOLDESD	335,40	39	195	355,36
MOLDESF	1324,40	154	924	194,25
MOLDESG	533,20	62	372	27,59
MOLDESH	3448,60	401	1604	277,47

Nombre de la locación	Contenido promedio (entidades)	Máximo contenido (entidades)	Contenido final (entidades)	Porcentaje de utilización
MOLDESA	2,0	32	32	98,67
MOLDESB	2,7	279	279	89,96
MOLDESC	2,3	141	141	78,24
MOLDESD	3,4	195	195	68,87
MOLDESF	2,3	924	924	37,65
MOLDESG	0,3	372	372	5,35
MOLDESH	2,2	1604	1604	53,77

- Respecto a las estadísticas de moldes, las horas programadas corresponden al total de horas corridas por el total de moldes disponibles por tipo, en el cual se observa que todos llegaron al máximo de su capacidad, es decir todos los moldes fueron utilizados con mezcla.
- Los minutos promedio por locación indican aquellos tipos de moldes que fueron procesados primero, es decir mientras mayor son los minutos promedio quiere decir que mayor es el tiempo de haber sido fabricado, lo que indica que los paneles tipo F y G fueron los últimos en ser procesados junto con una parte de los H que tiene un tiempo promedio ya que debido la cantidad de moldes que representa este tamaño, fueron procesados desde el inicio hasta casi el final de la jornada.
- La utilización de las locaciones moldes, es interpretada de similar manera a los minutos promedio por locación, es decir mientras mayor es la utilización quiere decir que fueron procesados con mayor tiempo.

## REPORTE DE ESTADO DE LOCACIONES POR PORCENTAJE

Esta tabla relaciona la utilización de cada locación de acuerdo a su capacidad en el tiempo de simulación donde se puedan identificar aquellas actividades que podrían representar cuellos de botella, esta tabla y un análisis más detallado por locación se presentan a continuación:

**TABLA 98**  
**REPORTE DE ESTADO DE LOCACIONES DE LA SIMULACIÓN**

Nombre de la locación	Horas programadas	% Tiempo vacío	% Tiempo parcialmente ocupado	% Tiempo lleno
PIEDRA	8,60	0,97%	99,03%	0,00%
ARENA	8,60	2,07%	97,93%	0,00%
STOCKPARIPIE	8,60	0,55%	4,12%	95,33%
STOCKPARIARE	8,60	2,37%	37,14%	60,49%
MEZPARIP1	8,60	0,00%	0,12%	99,88%
MEZPARIA1	8,60	0,05%	0,80%	99,15%
MEZPARIP2	8,60	0,00%	0,03%	99,97%
MEZPARIA2	8,60	0,00%	0,16%	99,84%
MEZCLADO1	8,60	0,00%	0,00%	100,00%
MEZCLADO2	8,60	0,00%	0,03%	99,97%
MEZCLA1	8,60	100,00%	0,00%	0,00%
MEZCLA2	8,60	100,00%	0,00%	0,00%
STOCKMEZCLA1	8,60	13,33%	82,89%	3,78%
STOCKMEZCLA2	8,60	14,20%	82,07%	3,73%
BALDES1	8,60	0,41%	92,71%	6,89%
BALDES2	8,60	1,37%	98,25%	0,39%
MOLDESA	137,60	1,30%	0,06%	98,64%
MOLDESB	799,80	9,98%	0,11%	89,91%
MOLDESC	404,20	21,70%	0,11%	78,19%
MOLDESD	335,40	31,02%	0,23%	68,76%
MOLDESF	1324,40	62,21%	0,28%	37,51%
MOLDESG	533,20	94,57%	0,16%	5,27%
MOLDESH	3448,60	46,14%	0,17%	53,69%

- Las locaciones PIEDRA y ARENA, tienen utilizaciones parciales en el tiempo del 99.03% y 97.93% respectivamente debido a la capacidad infinita ingresada inicialmente, es decir según el

modelo nunca estarían llenas. Lo importante en estas locaciones es que tengan bajos indicadores de tiempo vacío.

- Las locaciones STOCKPARIPIE y STOCKPARIARE tienen utilizaciones llenas en el tiempo de 95.33% y 60.49% respectivamente y utilizaciones parciales en el tiempo de 4.12% y 37.14% respectivamente, las cuales son buenas ya que minimizan los tiempos de no disponibilidad de producto para las siguientes estaciones, la mayor utilización llena de STOCKPARIPIE se debe a que tiene 2 operarios alimentando este grupo.
- Las locaciones MEZPARIP1, MEZPARIA1, MEZPARIP2, MEZPARIA2, tienen utilizaciones llenas en el tiempo de 99.88%, 99.15%, 99.97% y 99.84% respectivamente, esto debido a que se eliminaron los tiempos de abastecimiento que están incluidos en el tiempo de procesamiento de la mezcladora, además nos indica que siempre hay producto disponible para mezclado.
- Las locaciones MEZCLADO1 y MEZCLADO2 tienen utilizaciones llenas en el tiempo de 100% y 99.97% respectivamente, debido a que su llenado está incluido en el tiempo de procesamiento; adicionalmente nos indica que siempre hay producto disponible para un nuevo procesamiento.

- Las locaciones MEZCLA1 y MEZCLA2 tienen utilizaciones vacías en el tiempo de 100% ambos, debido a que es una operación de transición transformando la parada de mezcla en su equivalente de 23 baldes de mezcla pero al granel, es decir es una locación ficticia.
- Las locaciones STOCKMEZCLA1 y STOCKMEZCLA2, tienen bajas utilizaciones llenas en el tiempo de 3.78% y 3.73% respectivamente debido a que la mezcla es consumida a medida que llega evitando que se mantenga sin movimiento, de ahí su alta utilización parcialmente en el tiempo de 82.89% y 82.07% que hay producto, es vital mantener bajo el porcentaje de utilización vacío en el tiempo, según el modelo del 14% para ambos, lo cual indica adicionalmente que esta locación procesa la mezcla en baldes más rápido de lo que es abastecido por la mezcladora, pero no significa que sea un cuello de botella ya que alimenta un buffer del proceso que son los stock de baldes con mezcla.
- Las locaciones BALDES1 y BALDES2, tienen bajas utilizaciones llenas, de 6.89% y 0.39% respectivamente, lo cual implica que el material no se queda en stock sino que está fluyendo constantemente hacia la siguiente operación. Sus respectivas utilizaciones parciales son del 92.71% y 98.25%, lo

cual implica que siempre hay algo de stock para procesar, dejando unas bajas utilizations en vacío de 0.41% y 1.37%, implicando que no es un proceso que represente un cuello de botella, y que es el que consume la mezcla al granel pero su inventario soporta el tiempo en que es provista una nueva parada de mezcla.

- Las locaciones de moldes tuvieron mayor utilización llenas en el tiempo, aquellas que fueron realizadas más temprano en la jornada de trabajo, y aquellas que tuvieron menores utilizations llenas son aquellas que se realizaron al finalizar la jornada de trabajo.

## **REPORTE DE RECURSOS**

La tabla de recursos presenta las utilizations de cada recurso de este modelo, que en este caso corresponden a los operarios, además otros datos como la cantidad de veces que fueron utilizados y los minutos promedio por cada vez de utilización. Los valores obtenidos se presentan a continuación:



**TABLA 99**  
**REPORTE DE RECURSOS DE LA SIMULACIÓN**

Nombre del recurso	Unidades	Horas programadas	Número de veces utilizado	Minutos promedio por vez de utilización	% Utilización
PALEADORP.1	1	8,60	375	1,01	73,88%
PALEADORP.2	1	8,60	375	1,01	73,88%
PALEADORA	1	8,60	490	0,97	92,95%
PALEADORM1	1	8,60	1789	0,24	86,67%
PALEADORM2	1	8,60	1771	0,25	85,80%
TRANSMEZCLA.1	1	8,60	593	0,85	98,18%
TRANSMEZCLA.2	1	8,60	593	0,85	98,15%
TRANSMEZCLA.3	1	8,60	593	0,85	98,11%
TRANSMEZCLA.4	1	8,60	592	0,85	98,08%
TRANSMEZCLA.5	1	8,60	592	0,85	98,06%
TRANSMEZCLA.6	1	8,60	592	0,85	98,03%
MAESTRO.1	1	8,60	221	2,32	99,43%
MAESTRO.2	1	8,60	221	2,32	99,43%
MAESTRO.3	1	8,60	224	2,28	99,33%
MAESTRO.4	1	8,60	221	2,31	99,33%
MAESTRO.5	1	8,60	220	2,32	99,24%
ACABADO.1	1	8,60	362	1,15	80,98%
ACABADO.2	1	8,60	348	1,19	80,69%
ACABADO.3	1	8,60	367	1,13	80,88%

- Los recursos PALEADORP.1 y PALEADORP.2 que corresponden a los paleadores de piedra, tuvieron utilizaciones alrededor del 73.88%, debido a que por el tiempo de trabajo son requeridos 2 operarios y debido a la continuidad de su labor no puede ser usados paralelamente en otra actividad mientras están en su puesto de trabajo, si se utiliza un solo paleador de piedra no abastece la producción requerida por la línea.
- El recurso PALEADORA que corresponde al paleador de arena tuvo una utilización de 92.95%, lo cual no es crítico considerando que el tiempo empleado es el tiempo estándar que considera suplementos, aún así tiene una no utilización del 7.05%.

- Los recursos PALEADORM1 y PALEADORM2 que corresponden a los paleadores de mezcla tuvieron utilizaciones del 86.67% y 85.80%, considerando que el tiempo empleado fue el tiempo estándar, su tiempo de no utilización les provee mayor tiempo de recuperación, considerando que no pueden ser utilizados paralelamente en otro proceso mientras están en su puesto de trabajo, es utilizado un recursos por cada estación de mezclado, ya que son independientes.
- Los recursos TRANSMEZCLA del 1 al 6 que corresponden al personal responsable de transportar la mezcla, tuvieron utilizaciones entre el 98.03% y 98.18%, lo cual no es crítico para la operación ni riesgoso para el personal considerando que se utilizaron los tiempos estándar en la simulación que proveen suplementos de tiempo, esta área tuvo una alta utilización, pero son suficientes para cumplir la tasa esperada de producción en el tiempo disponible de trabajo.
- Los recursos MAESTRO del 1 al 5 que corresponden al personal responsable de realizar el panel con la mezcla sobre el molde, tuvieron utilizaciones entre el 99.24% y 99.43%, lo cual no es crítico para la operación ni riesgoso para el personal considerando que se utilizaron los tiempos estándar en la simulación que proveen suplementos de tiempo, esta área tuvo

una alta utilización, pero son suficientes para cumplir la tasa esperada de producción en el tiempo disponible de trabajo.

- Los recursos ACABADO del 1 al 3 que corresponden al personal responsable de realizar el acabado final del panel de hormigón, tuvieron utilidades entre el 80.88% y 80.98%, su tiempo de no utilización les provee mayor tiempo de recuperación, considerando que no pueden ser utilizados paralelamente en otra actividad mientras desarrollan su labor, si se utiliza una persona menos en acabado, no abastece la producción requerida por la línea.

### **REPORTE DE ACTIVIDADES DE LAS ENTIDADES**

La tabla de actividades de las entidades nos presentan el comportamiento de salida que tuvieron las entidades definidas al finalizar la simulación, los resultados y el análisis se presenta a continuación:

**TABLA 100**  
**REPORTE DE ACTIVIDADES DE LAS ENTIDADES DE LA SIMULACIÓN**

Nombre de la entidad	Total de salidas	Cantidad actual en el sistema	Observación
PARIPIEDRA	1247	154	Stock de piedra disponible al granel
PARIARENA	930	174	Stock de arena disponible al granel
PARADA	0	0	-
BALDES	0	18	Se debe consumir todo
PANELA	0	16	En los moldes en prefraguado
PANELB	0	93	En los moldes en prefraguado
PANELC	0	47	En los moldes en prefraguado
PANELD	0	39	En los moldes en prefraguado
PANELF	0	154	En los moldes en prefraguado
PANELG	0	62	En los moldes en prefraguado
PANELH	0	401	En los moldes en prefraguado

- Las entidades PARIPIEDRA y PARIARENA quedaron al final de la simulación con 154 y 174 unidades respectivamente en material en parihuelas y al granel, con los cuales no hay ningún problema de dejar ese inventario hasta la siguiente jornada de producción.
- La entidad PARADA terminó con 0 al final de la jornada, ya que es procesada en la entidad BALDES que al final de la jornada contó con inventario de 18 unidades, la cuales deben ser consumidas en las misma jornada, ya que cualquier inventario remanente se convierte en desperdicio para la siguiente jornada de trabajo.
- Las entidades PANEL de la A a la H al finalizar la jornada están en el sistema, no se ha producido ninguna salida, por cuanto estas tienen que permanecer en pre fraguado hasta la siguiente

jornada en que serán desmoldadas hasta los puestos de almacenamiento, esta es la razón por la cual la simulación al finalizar la jornada las presenta como que permanecen en el sistema.

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Del análisis de resultados se desprenden los siguientes puntos:

- El tiempo de calentamiento requerido para que la línea llene sus inventarios hasta mezclado es de 8 minutos, tiempo en el cual ambas mezcladoras estarían cargadas.
- De acuerdo a la simulación se requieren 524 minutos para llenar todos los moldes disponibles de mezcla, es decir 9.5 minutos menos del tiempo real programado.
- Todos los stocks previos a la mezcladora, al final de la jornada quedan llenos, con lo cual se puede evitar el tiempo de calentamiento en la siguiente jornada, ganando 8 minutos más al proceso.
- Los stocks desde el área de mezclado en adelante de acuerdo a la simulación cierran la jornada con producto en proceso, esto en la realidad no es admisible por cuanto la mezcla se endurece y si no se procesa se convierte en desperdicio, por tanto desde

la mezcladora en adelante todos los stocks de producto en proceso deben cerrar en 0.

- De acuerdo a la utilización de los moldes se puede identificar cuales de ellos fueron manufacturados primero, mientras más alta sea su utilización implica que fueron los primeros en ser elaborados en la jornada de trabajo.
- No hay cuellos de botella por falta de inventario en los puntos de stock del proceso, ya que tienen altos valores de utilización llenos y parcialmente llenos de producto.
- De acuerdo a la utilización de personal (recursos), el personal asignado a paleo de arena, transporte de mezcla, y maestros de hormigonado tuvieron una utilización superior al 90%, lo cual implica que destinan toda la jornada a la realización de la labor. El personal asignado a paleo de piedra, paleado de mezcla, y acabado de paneles de hormigón, tuvieron utilidades inferiores al 90% con los cuales se pudo revisar alternar trabajo con aquellos de alta utilización.
- Al final de la jornada las locaciones de moldes quedarían cargadas como producto en proceso, esto es debido a que el material debe pre fraguar en los moldes para posteriormente

previo al inicio de la siguiente jornada de trabajo transportarlos a las respectivas áreas de almacenamiento y despejar el área.

#### **4.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ACTIVIDAD**

La evaluación económica de la actividad corresponde a presentar el resultado que se va a obtener del proceso presentado con los recursos especificados, para determinar la viabilidad del proyecto, en este caso se utilizarán los indicadores VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa interna de retorno), PRI (Período de recuperación de la inversión) y el análisis de sensibilidad.

Para realizar la evaluación económica con cada uno de los indicadores financieros descritos en el párrafo anterior fue necesario presentar a detalle cada ítem generado en el proceso de acuerdo a la siguiente categorización:

##### **MATERIALES DIRECTOS**

Los materiales directos son todos aquellos usados en la fabricación de los paneles de hormigón y que son fácilmente identificables, en la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores a generarse en este proyecto por este concepto:

**TABLA 101**  
**COSTO POR CASA DE MATERIALES DIRECTOS**

RUBRO	CONSUMO POR CASA	COSTO UNITARIO	COSTO POR CASA
MALLA	105 mallas	143,97 \$ / 105 mallas	\$ 143,97
CEMENTO	1000 Kg	6,38 \$ / 50 Kg	\$ 127,60
PIEDRA #67	3155 Kg	101,05 \$ / 10400 Kg	\$ 30,65
ARENA HOMOGENIZADA	2327 Kg	140,24 \$ / 12800 Kg	\$ 25,50
AGUA	,68 m3	,88 \$ / m3	\$ 0,60
<b>TOTAL POR CASA</b>			<b>\$ 328,32</b>

### MANO DE OBRA DIRECTA

La mano de obra directa es todo el personal involucrado en el proceso de producción que interactúa de forma directa con el producto, a continuación se presenta una tabla resumen con los costos asociados por este concepto en este proyecto:

**TABLA 102**  
**COSTO POR CASA DE MANO DE OBRA DIRECTA**

PUESTO DE TRABAJO	PERSONAL	SUELDO APROX + ALMUERZOS POR PERSONA	COSTO POR CASA
PREPARACIÓN DE MOLDES	6 persona(s)	\$ 539,55	\$ 15,49
CARGA DE AGREGADOS	3 persona(s)	\$ 539,55	\$ 7,74
MEZCLADO	6 persona(s)	\$ 592,95	\$ 17,02
CARGA DE MEZCLA	2 persona(s)	\$ 539,55	\$ 5,16
TRANSPORTE DE MEZCLA	6 persona(s)	\$ 539,55	\$ 15,49
HORMIGONADO	5 persona(s)	\$ 699,74	\$ 16,74
ACABADO	3 persona(s)	\$ 619,65	\$ 8,89
ALMACENAMIENTO DE PANELES	12 persona(s)	\$ 603,02	\$ 34,62
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 121,17</b>

El detalle de pago por cada persona por área de trabajo con sus respectivos beneficios se encuentra en el ANEXO K.



### **COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN**

Son todos aquellos costos no representativos directamente en el producto y representa algunos ítems como el personal administrativo y de soporte a la operación, materiales indirectos no identificables en el producto, insumos, herramientas y equipos de protección personal, costos asociados a los servicios básicos, el costo representado en el pago del terreno, y costos asociados a los impuestos, esta tabla resumen se presenta a continuación:

**TABLA 103**  
**COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN POR CASA**

<b>RUBRO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>CANTIDAD DE CASAS</b>	<b>COSTO POR CASA</b>
PERSONAL ADMINISTRATIVO	\$ 7,098.25	209	\$ 33.96
MATERIALES INDIRECTOS	-	-	\$ 5.71
INSUMOS, EPP'S	-	-	\$ 5.36
SERVICIOS BASICOS	\$ 1,350.00	209	\$ 6.46
PAGO DE TERRENO	\$ 4,848.66	209	\$ 23.20
IMPUESTOS	\$ 59.33	209	\$ 0.28
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 74.98</b>

Cada rubro de los CIF y su detalle está presentado en el ANEXO L.

Una vez que se cuentan con cada uno de los rubros y el costo asociado, se presenta a continuación el costo en el proyecto de producción de paneles de hormigón:

**TABLA 104**  
**COSTO DE FABRICAR PANELES DE HORMIGÓN EXCLUYENDO**  
**MALLAS**

DESCRIPCIÓN	ABREVIATURA	VALOR POR CASA
MATERIALES DIRECTOS	MD	\$ 184.35
MANO DE OBRA DIRECTA	MOD	\$ 121.17
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	CIF	\$ 74.98
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 380.50</b>

Se excluye el valor de mallas metálicas ya que en el presupuesto planteado se consideró como un rubro separado, originalmente adquirido a un tercero.

Con esto se presenta la tabla de costos esperados en el proyecto contra el presupuesto original planteado:

**TABLA 105**  
**COSTO ESPERADO VS PRESUPUESTO PLANTEADO**

DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO	REAL PROYECTO	VARIACIÓN
FABRICACIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN	\$ 410.48	\$ 380.50	-7%
FABRICACIÓN DE MALLAS METÁLICAS	\$ 159.89	\$ 143.97	-10%
TRANSPORTE DE PANELES	\$ 70.00	\$ 70.00	0%
ESTIBAJE PANELES	\$ 20.00	\$ 20.00	0%
INDIRECTOS	\$ 13.21	\$ 13.21	0%
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$ 673.58</b>	<b>\$ 627.68</b>	<b>-7%</b>
UTILIDAD	\$ 99.05	\$ 144.95	46%
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>	<b>\$ 772.63</b>	<b>\$ 772.63</b>	<b>0%</b>

De aquí se dependen los siguientes resultados:

- No se realizó análisis alguno en los rubros de transporte ni de estibaje de paneles de hormigón, siendo estas actividades logísticas no inherentes al proceso de producción, por lo cual se mantiene el valor presupuestado inicialmente.

- Hay una reducción del 7% del costo de producir paneles de hormigón contra el presupuesto original planteado.
- Hay una reducción del 10% del costo de producir mallas metálicas contra el presupuesto original planteado.
- Inicialmente se esperaba una utilidad del 12.82% contra el presupuesto total, pero con el proyecto planteado y costos generados, está se incrementó en un 46%, con lo cual llegan a representar el 18.76% del presupuesto total.

### **VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

El VAN nos presenta si el proyecto presenta rentabilidad a lo largo del período estimado con una tasa de rentabilidad esperada, previo al cálculo del VAN fue necesario presentar algunos valores que serían necesarios para ser utilizados:

La inversión representa el desembolso inicial para poner operativo el proyecto, este incluye todos los costos de terreno, edificaciones, mantenimientos, adecuaciones, equipos, herramientas, y todo desembolso económico que se realicé previo a la puesta operativa del proyecto.

La inversión inicial realizada se presenta en el siguiente cuadro:

**TABLA 106**  
**INVERSIÓN INICIAL**

<b>RUBRO</b>	<b>MONTO</b>
ADECUACIONES	\$ 75.000,00
LUMINARIAS	\$ 5.000,00
AGUA	\$ 7.000,00
MOLDES	\$ 42.000,00
PUESTOS DE TRABAJO	\$ 12.500,00
MAQUINAS	\$ 10.000,00
EQUIPOS	\$ 1.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 152.700,00</b>

Los productos y proyectos actuales de la empresa están generando una tasa de rentabilidad del 40%, por lo cual la dirección ha decidido que para emprender en un proyecto nuevo con inversión de \$152 700.00, con tiempo incierto de duración, la tasa de mínima de rentabilidad debe ser del doble de sus proyectos normales, es decir del 80% anual.

El flujo de efectivo se ha calculado en períodos mensuales con la tasa de oportunidad del 80% anual, que garantice un pronto retorno de la inversión y genere ganancias considerando el corto tiempo de vida útil del proyecto, que cubra cualquier incremento fuera de lo normal en la tasa de inflación, que en los últimos 3 años no ha superado el 10% anual; el período establecido de trabajo es de 2 años de permanencia, pudiendo ser mayor si las

condiciones del entorno lo permiten; a continuación se presenta la tabla con los flujos de valores para el período completo:

**TABLA 107**  
**FLUJO DE EFECTIVO Y VALOR ACTUALIZADO**

<b>Utilidad por casa</b>	\$	144,95	
<b>Rentabilidad esperada anual</b>		80,00%	
<b>Rentabilidad esperada mensual</b>		6,67%	

<b>PERIODO</b>	<b>DIAS LABORABLES</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Valor actualizado</b>
1	26	\$ 29.018,99	\$ 27.205,30
2	24	\$ 26.786,76	\$ 23.543,05
3	27	\$ 30.135,11	\$ 24.830,56
4	27	\$ 30.135,11	\$ 23.278,65
5	26	\$ 29.018,99	\$ 21.015,45
6	26	\$ 29.018,99	\$ 19.701,98
7	27	\$ 30.135,11	\$ 19.181,02
8	26	\$ 29.018,99	\$ 17.316,20
9	26	\$ 29.018,99	\$ 16.233,93
10	26	\$ 29.018,99	\$ 15.219,31
11	26	\$ 29.018,99	\$ 14.268,11
12	27	\$ 30.135,11	\$ 13.890,82
13	26	\$ 29.018,99	\$ 12.540,33
14	24	\$ 26.786,76	\$ 10.852,21
15	27	\$ 30.135,11	\$ 11.445,69
16	27	\$ 30.135,11	\$ 10.730,33
17	26	\$ 29.018,99	\$ 9.687,10
18	26	\$ 29.018,99	\$ 9.081,66
19	27	\$ 30.135,11	\$ 8.841,52
20	26	\$ 29.018,99	\$ 7.981,93
21	26	\$ 29.018,99	\$ 7.483,06
22	26	\$ 29.018,99	\$ 7.015,37
23	26	\$ 29.018,99	\$ 6.576,91
24	27	\$ 30.135,11	\$ 6.403,00
<b>Períodos</b>	<b>Días Laborables</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Valor actualizado</b>
24	628	\$ 700.920,22	\$ 344.323,49

Con estos datos es posible calcular el VAN, como se detalla a continuación:

**TABLA 108**  
**VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO**

<b>Inversión inicial</b>	\$ 152.700,00
<b>Rentabilidad esperada mensual</b>	6,67%
<b>Períodos</b>	24
<b>Suma de Fci</b>	\$ 344.323,49
<b>VAN</b>	<b>\$ 191.623,49</b>

Los valores actualizados del proyecto arrojan al final del período de 2 años o 24 meses un saldo positivo con una tasa de rentabilidad esperada del 80% anual, lo cual indica que el proyecto producirá ganancias actualizando el valor final del proyecto, además utilizando la tabla de VAN para obtener un valor 0 al final del período, modificando las casas a fabricar, para que el proyecto sustente los costos a la tasa de descuento esperada, la demanda debe ser de al menos 3.41 casas diarias, es decir al menos 89 casas mensuales para cubrir los costos de la operación.

#### **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

La tasa interna de retorno nos presenta el interés al cual el flujo de ingresos cubre la inversión realizada, y esta es comparada contra la tasa mínima esperada de rentabilidad por la empresa.

Para el cálculo del TIR se ha usado como referencia los siguientes valores generados a partir de modificar la tasa de rentabilidad en el VAN:

**TABLA 109**  
**ITERACIONES DE RENTABILIDAD**

VAN	RENTABILIDAD ESPERADA (anual)
\$ -3.430,85	230%
\$ -	TIR
\$ 2.958,96	220%

Realizando el proceso iterativo con estos valores se obtuvo el siguiente resultado:

**TABLA 110**  
**TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO**

VAN	\$ -
TIR	<b>224,6%</b>
r	80,0%

<b>CONCLUSIÓN</b>	RENTABILIDAD MAYOR A LA ESPERADA
-------------------	----------------------------------

De donde se concluye que la rentabilidad generada va a ser mayor a la rentabilidad esperada, por lo cual se acepta el proyecto.

### **PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)**

El período de recuperación de la inversión es una medida para la cual se toma una decisión subjetiva, en base a si el inversionista

está dispuesto a esperar ese lapso de tiempo en recuperar el capital invertido.

Para este caso de recuperación de la inversión en mensualidades, utilizando el flujo de caja correspondiente, se consideró mensualmente la liquidación del saldo pendiente con el banco por el préstamo del terreno para evitar cualquier eventualidad, es decir a partir del PRI, la empresa estaría en capacidad de cubrir dicho monto, el detalle del PRI por período se presenta en la siguiente tabla:

**TABLA 111**  
**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN**

<b>Inversión inicial</b>	\$	152.700,00	
<b>PERIODO</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>Acumulado ingresos</b>	<b>Inversión por cubrir</b>
1	\$ 29.018,99	\$ 29.018,99	\$ <b>220.082,35</b>
2	\$ 26.786,76	\$ 55.805,75	\$ <b>189.651,85</b>
3	\$ 30.135,11	\$ 85.940,86	\$ <b>155.827,66</b>
4	\$ 30.135,11	\$ 116.075,96	\$ <b>121.657,25</b>
5	\$ 29.018,99	\$ 145.094,95	\$ <b>89.156,27</b>
6	\$ 29.018,99	\$ 174.113,94	\$ <b>56.308,01</b>
7	\$ 30.135,11	\$ 204.249,05	\$ <b>22.295,77</b>
<b>8</b>	\$ <b>29.018,99</b>	\$ <b>233.268,04</b>	\$ <b>-10.648,83</b>

\* La inversión por cubrir considera adicional al pago mensual del préstamo por el concepto del terreno el costo de liquidar el saldo del préstamo al banco.

Es decir que la inversión estaría cubierta al finalizar el mes 8 de operación, considerando la liquidación del préstamo al banco con el flujo de caja proyectado.



En base a que el período de recuperación es menor a un año y con la baja inversión realizada, se decide aceptar el proyecto en el plazo de recuperación planteado.

### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

El análisis de sensibilidad pretende presentar la volatilidad del proyecto a las variaciones de mercado, tomando los casos de incremento en costos o contracción en el mercado.

Para los casos del análisis de sensibilidad se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se proyectan 200 casas al mes, pero estas son cedidas por el MIDUVI, en caso de cualquier eventualidad se deben fijar montos menores de casas, es decir se considerarán los casos de 150, 100 y 50 casas semanales para evaluar su impacto en la TIR, estas son condiciones del mercado.
- En los últimos 2 años los costos de los materiales de construcción se han incrementado entre el 6% y el 10%, por lo cual se asumirá el máximo valor de incremento para el análisis de sensibilidad en un caso extremo, es decir 10%, y como alternativa 5%.

- En los últimos 2 años el salario básico se ha incrementado en alrededor del 20%, es decir el 10% anual, así que se toma 20% como el máximo incremento posible a ocurrir en cualquier eventualidad repentina durante la vida del proyecto, como alternativa se usa el incremento de 10%.
- Los CIF están vinculados con los costos de materiales directos y mano de obra, por lo cual se asumen como un incremento de 10% para el peor de los escenarios y 5% para un escenario alternativo.

De acuerdo a las especificaciones anteriores se determinó la Tasa interna de retorno para los 12 escenarios, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

**TABLA 112**  
**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

TIR DEL PROYECTO POR CADA POSIBILIDAD						
INCREMENTO PORCENTUAL EN COSTOS POR RUBRO			CONDICIÓN DE MERCADO: CASAS ASIGNADAS VERSUS PROGRAMADAS			
MATERIALES DIRECTOS	MANO DE OBRA	CIF	100%	75%	50%	25%
0%	0%	0%	225%	164%	97%	14%
5%	10%	5%	170%	120%	63%	0%
10%	20%	10%	112%	72%	24%	0%

De acuerdo a estos resultados en cualquier escenario de costos con casas asignadas hasta el 75% de lo planeado la Tasa interna de Retorno es positiva por encima de la rentabilidad esperada,

dando en el peor escenario una TIR del 72%, en el caso de 50% de reducción de casas en el mercado, la TIR es positiva 97% para el mejor escenario, y se podría aceptar hasta en el escenario intermedio considerando la TIR de 63% no muy lejana de la esperada, pero en el peor escenario, la TIR 24% se aleja de la rentabilidad esperada, por lo tanto debe procurarse evitarse este escenario para no depender de los factores de mercado; en el escenario de 25% de casa de lo planeado el proyecto es rechazado totalmente siendo la TIR bastante lejana de la esperada hasta en el mejor escenario

Finalmente considerando el Valor actualizado neto positivo resultado del tiempo del proyecto estimado, con una Tasa interna de retorno mayor a la tasa de rentabilidad esperada, al período de recuperación de la inversión en 8 meses, y escenarios positivos en la mayoría de los casos del análisis de sensibilidad, se decide aceptar el proyecto, siempre y cuando se asegure al menos 150 casas mensuales que es el 75% de la capacidad planeada, a partir de la cual se obtienen resultados positivos para la empresa.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- Se diseñó una línea de producción con adecuados estándares de tiempo por operación, con una línea balanceada en recursos que mantenga el flujo continuo de operaciones y materiales reduciendo en un 7% los costos implícitos en el proyecto por debajo del presupuesto asignado.
- El proceso fue tecnificado cambiando de un proceso 100% artesanal a un proceso asistido por maquinaria, herramientas y elementos de transporte, los cuales han permitido mantener un

proceso continuo de producción, disminuyendo personal y haciendo un costo operativo sustentable.

- Se modificó el diseño de los paneles de hormigón, permitiendo reducir los costos de inversión inicial en fabricación de moldes, simplificar y reducir los tiempos de preparación de puestos de trabajo, simplificar las operaciones de hormigonado y almacenamiento con un diseño mas sencillo de trabajar y manipular.
- Se redujo el costo de materiales y aseguró disponibilidad con una selección de proveedores adecuados.
- Se modificó el diseño de malla metálica permitiendo mejorar el costo del proceso y controlar el proceso.
- Se diseñaron y propusieron mejoras en los puestos de trabajo y se asignaron equipos de protección personal, para mejorar el clima laboral, disminuir esfuerzos físicos, utilizar el espacio disponible y reducir riesgos laborales, utilizando elementos de ergonomía entre otros.
- Se ha establecido el peso de manipulación de cargas para reducir la fatiga laboral y asegurar jornadas completas de trabajo aplicando método de NIOSH entre otros.

- Se diseñó la distribución de la planta que asegure la cercanía entre procesos de mayor interrelación, disminuyendo tiempos y distancias de recorridos de materiales y personas, utilizando la matriz de relaciones y diagramas de recorridos.
- Se realizó un análisis del trabajo por puesto, incluyendo métodos y posturas de trabajo, pesos de carga, ritmo de trabajo, entre otros.
- Se realizó un análisis del esfuerzo físico requerido por actividad mediante una evaluación de carga calórica por proceso por persona.
- Se presentaron las condiciones de trabajo requeridas para el desempeño de labores, sugiriendo modificar las luminarias de la planta, considerando aspectos ergonómicos.
- Se determinó el tiempo estándar por proceso, considerando la calificación de desempeño del operario y los suplementos requeridos.
- Se determinaron las necesidades de recursos mediante el balanceo de línea obteniéndose la necesidad de 43 personas y 2 mezcladoras en el proceso de producción de paneles de hormigón.

- Se determinó el tiempo de ciclo mediante el balanceo de línea obteniéndose un tiempo de ciclo de 61.44 minutos por casa.
- El proceso de producción de paneles de hormigón presentó un costo de \$380.50 por casa, estando 7% por debajo del presupuesto asignado.
- El proceso de producción de mallas metálicas presentó un costo de \$143.97 por casa, estando 10% por debajo del presupuesto asignado.
- Con la reducción de costos la utilidad esperada se incrementó un 46% pasando de \$ 99.05 a \$ 144.95 por casa.
- La evaluación financiera presentó un resultado positivo de \$ 191 263.49 del VAN al final de los 2 años de período, considerando una tasa de oportunidad del 80% anual, siendo además la TIR de 224.6% anual, más alta que la tasa de rentabilidad esperada de 80% anual.
- El período de recuperación considerando pagar el préstamo bancario antes del vencimiento del período es de 8 meses.
- Los escenarios en el análisis de sensibilidad son positivos hasta en un 75% de casas asignadas menos de la capacidad diseñada, en el 50% se ve afectado por las condiciones de

mercado y por debajo de ese valor el proceso no rinde la tasa de rentabilidad esperada.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio que presente oportunidades de mejora del proceso de producción de mallas metálicas para reducción global de costos.
- Se recomienda realizar un levantamiento de información para perfiles de cargo y manual de funciones para estandarizar las operaciones y encaminar el proceso a certificaciones de calidad.
- Se recomienda evaluar la posibilidad de extender el mercado hacia una demanda privada, dejando de depender de organismos gubernamentales.
- Se recomienda entregar uniformes al personal, para homogenizar la presentación del personal en la planta.
- Se recomienda realizar evaluaciones semestrales por cambios en los precios de materiales, que pueden afectar el margen de ganancias proyectado.



# **ANEXOS**

## ANEXO A: MODELO DE REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS

ESTUDIO #:		FECHA:												PÁGINA:											
OPERACIÓN:		OPERARIO:												OBSERVADOR:											
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO		1			2			3			4			5			6			7			8		
	NOTA	CICLO	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO
	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
	6																								
	7																								
	8																								
	9																								
	10																								
	11																								
	12																								
	13																								
	14																								
	15																								
	16																								
	17																								
	18																								
	19																								
	20																								
	21																								
	22																								
	23																								
	24																								
	25																								
	26																								
	27																								
	28																								
	29																								
	30																								
	31																								
	32																								
	33																								
	34																								
	35																								
	36																								
	37																								
	38																								
	39																								
	40																								
	41																								
	42																								
	43																								
	44																								
	45																								
	46																								
	47																								
	48																								
	49																								
	50																								
<b>RESUMEN</b>																									
TO TOTAL																									
TN TOTAL																									
OBSERVACIONES																									
TN PROMEDIO																									
% SUPLEMENTOS																									
TIEMPO ESTÁNDAR																									
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN</b>																									
<b>ELEMENTOS EXTRAÑOS</b>						<b>VERIFICACIÓN DE TIEMPOS</b>						<b>RESUMEN SUPLEMENTOS</b>													
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM		TIEMPO INICIO						NECESIDADES PERSONALES												
							TIEMPO FINALIZACIÓN						FATIGA BASICA												
							TIEMPO TRANSCURRIDO						FATIGA VARIABLE												
							TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO						ESPECIAL												
							TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO						% SUPLEMENTO TOTAL												
							TIEMPO TOTAL						<b>OBSERVACIONES</b>												
							TIEMPO EFECTIVO																		
							TIEMPO INEFECTIVO																		
							TIEMPO TOTAL REGISTRADO																		
<b>VERIFICACIÓN DE CALIFICACIÓN</b>																									
TIEMPO SINTÉTICO						TIEMPO NO CONTADO																			
TIEMPO OBSERVADO						% ERROR DE REGISTROS																			

## ANEXO B: DISEÑO DEL HORMIGÓN DE ACUERDO AL LEM

**Obra:** PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO  
**Informe:** Diseño de concreto de 140 Kg/cm<sup>2</sup>  
**Ordena:** Metalcon  
**Lugar:** Vía a Daule  
**Fecha:** 22 de Enero de 2009  
**Materiales:** Cemento Portland Rocafuerte  
Piedra cantera Huayco Piedra #56  
Arena cantera Huayco

<b>Relación Agua - Cemento:</b>	0,68
<b>Revenimiento:</b>	2,5" a 5"

Proporcionamiento en peso para un metro cúbico de concreto	
<b>Cemento</b>	297,79 Kg
<b>Agua</b>	202,50 Kg
<b>Arena</b>	677,07 Kg
<b>Piedra</b>	932,21 Kg

Proporcionamiento en peso para un saco de cemento	
<b>Cemento</b>	50,00 Kg
<b>Agua</b>	34,00 Kg
<b>Arena</b>	113,68 Kg
<b>Piedra</b>	156,52 Kg

37,89  
39,13

### Dimensionamiento de cajonetas para un saco de cemento

3 cajonetas de arena de 40x40x19 centímetros  
4 cajonetas de piedra de 40x40x19 centímetros

### PROPORCIONES:

Cemento	Arena	Piedra
1	3	4

**ANEXO C: DETALLE DE COSTOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE MALLAS DE ACERO**

<b>CANTIDAD DE CASAS</b>	<b>7,7</b>
--------------------------	------------

**MATERIALES DIRECTOS**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Cant. x casa</b>	<b>Valor unit. (\$)</b>	<b>\$ total</b>
<b>Varilla lisa 4 (6 metros)</b>	124	\$ 0,97	\$ 120,62
<b>Varilla lisa 6 (6 metros)</b>	593	\$ 1,46	\$ 865,24

**MANO DE OBRA DIRECTA**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Cantidad total</b>	<b>Promedio x persona (\$/día)</b>	<b>Total</b>
<b>Jefe de Obra</b>	1	\$ 20,00	\$ 20,00
<b>Soldador</b>	1	\$ 20,05	\$ 20,05
<b>Oficial</b>	2	\$ 22,81	\$ 45,62

**COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Cant. x casa</b>	<b>Valor unit. (\$)</b>	<b>\$ total</b>
<b>Soldadura (kg)</b>	8,6	\$ 2,68	\$ 23,11
<b>EPP'S, Y VARIOS</b>	10% MD y MOD	\$ 1,81	\$ 13,92

<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 1.108,56</b>
<b>VALOR POR CASA</b>	<b>\$ 143,97</b>

## ANEXO D: PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES AGREGADOS EN UN MES LABORABLE

<b>Cantidad (sacos) requerida por día</b>	154
<b>Cantidad (sacos) a recibir por orden</b>	400
<b>Punto de reorden</b>	462

MOVIMIENTO DE INVENTARIOS Y PEDIDOS DE CEMENTO																										
Descripción (sacos)	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26
Inventario inicial	1550	1396	1242	1088	934	780	626	472	318	164	1210	1056	902	748	594	440	286	932	778	624	470	316	162	1208	1054	900
Cantidad a ordenar	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	800	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0
Cantidad a recibir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	800	0	0	0	0	0	1200	0	0	0
Cantidad a consumir	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154
Inventario final	1396	1242	1088	934	780	626	472	318	164	1210	1056	902	748	594	440	286	932	778	624	470	316	162	1208	1054	900	746

<b>Cantidad (TN) requerida por día</b>	23,405
<b>Cantidad (TN) a recibir por orden</b>	10,40
<b>Punto de reorden</b>	70,215

MOVIMIENTO DE INVENTARIOS Y PEDIDOS DE PIEDRA																										
Descripción (TN)	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26
Inventario inicial	187,2	163,8	140,4	117,0	93,6	70,2	46,8	137,8	114,4	91,0	67,6	44,1	135,1	111,7	88,3	64,9	41,5	132,5	109,1	85,7	62,3	38,9	140,3	116,9	93,5	70,1
Cantidad a ordenar	0	0	0	0	0	114,4	0	0	0	0	114,4	0	0	0	0	114,4	0	0	0	0	124,8	0	0	0	0	114,4
Cantidad a recibir	0	0	0	0	0	0	114,4	0,0	0	0	0	114,4	0	0	0	0	114,4	0	0	0	0	124,8	0	0	0	0
Cantidad a consumir	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4
Inventario final	163,8	140,4	117,0	93,6	70,2	46,8	137,8	114,4	91,0	67,6	44,1	135,1	111,7	88,3	64,9	41,5	132,5	109,1	85,7	62,3	38,9	140,3	116,9	93,5	70,1	46,7

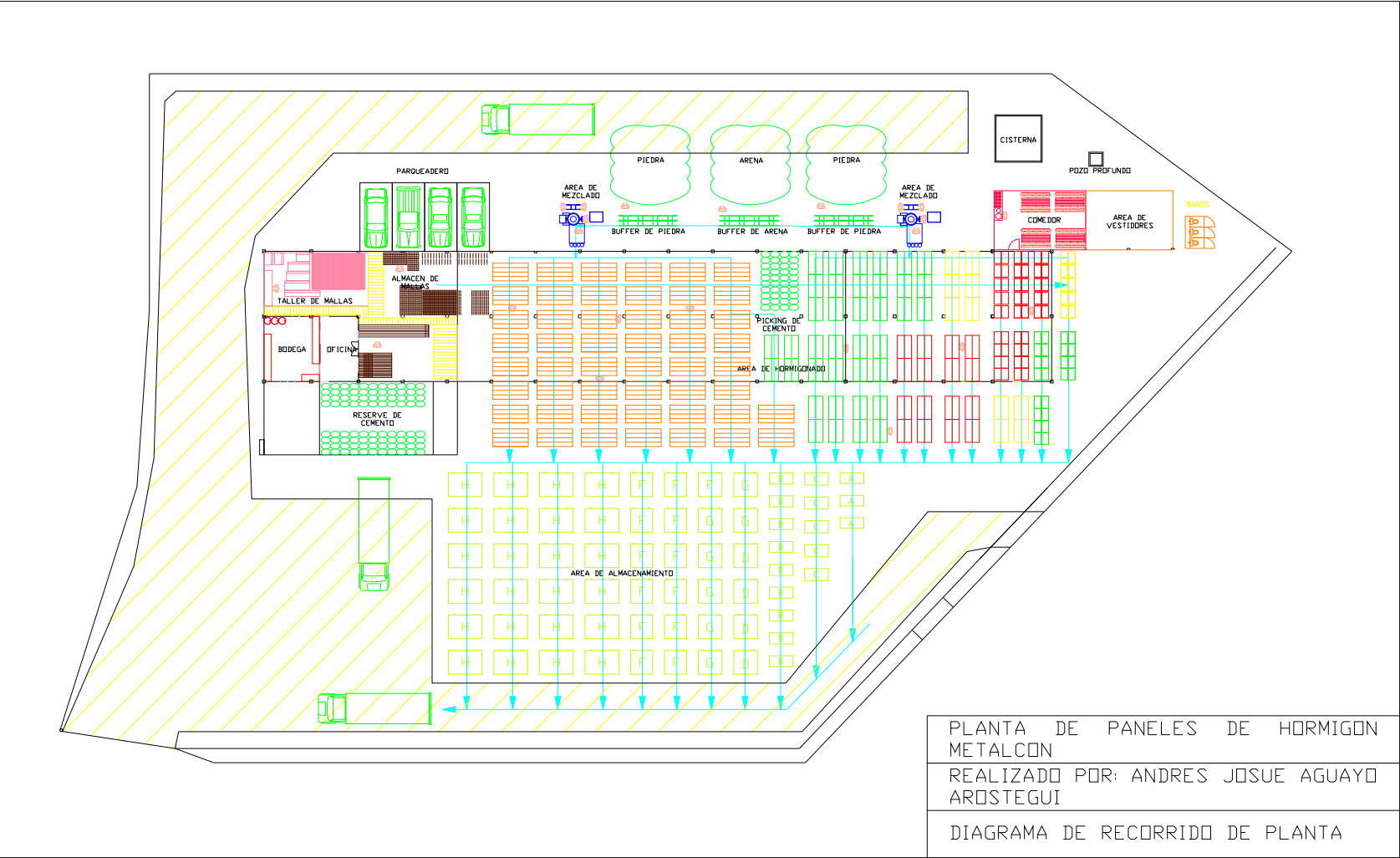
<b>Cantidad (TN) requerida por día</b>	17,00
<b>Cantidad (TN) a recibir por orden</b>	12,80
<b>Punto de reorden</b>	51,00

MOVIMIENTO DE INVENTARIOS Y PEDIDOS DE ARENA																										
Descripción (TN)	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26
Inventario inicial	179,2	162,2	145,2	128,2	111,2	94,2	77,2	60,2	43,2	26,2	144,4	127,4	110,4	93,4	76,4	59,4	42,4	25,4	143,6	126,6	109,6	92,6	75,6	58,6	41,6	24,6
Cantidad a ordenar	0	0	0	0	0	0	0	0	135,2	0	0	0	0	0	0	0	135,2	0	0	0	0	0	0	0	135,2	0
Cantidad a recibir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135,2	0	0	0	0	0	0	0	135,2	0	0	0	0	0	0	0	135,2
Cantidad a consumir	17,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0
Inventario final	162,2	145,2	128,2	111,2	94,2	77,2	60,2	43,2	26,2	144,4	127,4	110,4	93,4	76,4	59,4	42,4	25,4	143,6	126,6	109,6	92,6	75,6	58,6	41,6	24,6	142,8

## ANEXO E: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIAS

<b>MANTENIMIENTO EQUIPO HORMIGONERO</b>		
<b>MARCA</b>	MAQTRON	
<b>MODELO</b>	M-400	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
<b>CAPACIDAD DEL TAMBOR</b>	400	LITROS
<b>PESO SIN MOTOR</b>	190	KG
<b>ROTACIÓN DEL TAMBOR</b>	28	RPM
<b>POTENCIA DEL MOTOR</b>	2	CV
<b>CORREA INDICADA</b>	A-60	
<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b>		
* Lubricación diaria con grasa industrial de todos los engranajes y rodamientos previo al inicio de labores		
* Limpieza del tambor de mezcladora con agua al final de la jornada de trabajo		
* Limpieza exterior de la mezcladora con agua y espátulas, retirando mezcla de la superficie al final de la jornada de trabajo		
* Limpieza de llantas al final de la jornada evitando que estas acumulen mezcla de hormigón en sus alrededores		
<b>MANTENIMIENTO PERIÓDICO</b>		
* Cambio de correa de motor - tambor semestralmente		
* Cambio de ruliman en la base inferior de tambor anualmente		
* Chequeo de motor eléctrico en las 1500 horas de uso		
* Chequeo de motor diesel anualmente si no es utilizado		
* Chequeo de engranajes y acoples anualmente		
* Chequeo del sistema eléctrico de alimentación de energía semestralmente		

**ANEXO F: DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA PLANTA**



## **ANEXO G: ESQUEMA DE ROTACIÓN A CARGADORES**

El esquema de rotación interna de la compañía exige que todos los operarios al mismo nivel deben realizar rotaciones internas entre puestos esos puestos, con dos finalidades:

- Distribuir de mejor manera las cargas pesadas de trabajo en el tiempo.
- Conocimiento de todos los diversos procesos internos.

En el caso de la planta de paneles de hormigón, los cargos en rotación interna operativa son: paleadores de agregados (3), cargadores de mezcladora (4), paleador de mezcla (1) y cargadores de mezcla (6).

La frecuencia de la rotación interna, considerando que en estos casos no son cargos que requieren experiencia previa es de 15 días y el mismo se realizará de la siguiente manera:

- 3 paleadores de agregados pasan a carga de mezcla.
- 3 cargadores de mezcladora pasan a carga de mezcla.
- 1 cargador de mezcladora pasa a paleado de mezcla.
- 1 paleador de mezcla pasa a carga de mezcladora.
- 3 cargadores de mezcla pasan a carga de mezcladora.
- 3 cargadores de mezcladora pasan a paleado de agregados.

Se debe garantizar que todas las personas que realizan estas labores roten por todos y cada uno de los puesto usando el esquema planteado.



## ANEXO H: REGISTRO DE INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA POR OPERACIÓN

### INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** David Aguas - José Cevallos  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Paleado de agregados

MAQUINAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
n/a*			

\* Esta operación no requiere máquinas

HERRAMIENTAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Pala punta redonda	1 por persona en piedra	5 kg/pal*	Se utiliza únicamente en la carga de piedra, peso de herramienta máximo 3 kg*
Pala punta cuadrada	1 por persona en arena	5 kg/pal*	Se utiliza únicamente en la carga de arena, peso de herramienta máximo 3 kg*

\* Recomendación de CCSSO para trabajo continuo (Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional)

ACTIVIDADES		
DETALLE	PERSONAL DESTINADO	OBSERVACIONES
Paleado	2 en piedra y 1 en arena	Actividad realizada por un operario con una pala de cargar material en la parihuela
Organización de parihuelas		Actividad realizada intermitentemente por el mismo operario durante el paleado, para organizar las parihuelas

MATERIALES			
DETALLE	CONSUMO DE MATERIALES	CONTROL DE CALIDAD	OBSERVACIONES
Piedra # 56	LIFO	Semanal aleatorio prueba de tamices ASTM C136	Se procesa seca, solo se la humedece para reducir el polvo generado en su cargado
Arena Homogenizada	LIFO	Semanal aleatorio prueba de tamices ASTM C136	La humedad debe ser controlada, porque afecta directamente al proceso, se la humedece totalmente al final de la jornada y parcialmente a media jornada

CONDICIONES DE TRABAJO	
<b>GENERAL</b>	A la intemperie de pie
<b>ILUMINACIÓN</b>	Luz natural, no requerida artificial antes de las 17:00
<b>TEMPERATURA</b>	Entre 23°C en la mañana hasta 33°C al medio día
<b>RUIDO</b>	Despreciable
<b>VENTILACIÓN</b>	No requerida
<b>EPP's</b>	Guantes de lana, Botas de caucho, protección para cubrir brazos del sol, protección para cubrir la cabeza del sol

### INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** Lisandro Segura - Santiago Cortay - Fernando Guzman  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Mezclado

MAQUINAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Mezcladora ML-500	1 por grupo	0,122 m3 hormigón por corrida*	Utiliza motor eléctrico para mantener el flujo continuo de producción

\* Capacidad con dosificación fijada 1-3-4

HERRAMIENTAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Balde con graduación	1 por grupo	17 litros	Se utiliza en la alimentación de agua a la mezcla
Navaja	1 por grupo	n/a	Se utiliza en la apertura de sacos de cemento
Paleta metálica	1 por grupo	n/a	Para retirar la mezcla que se vaya adheriendo a los bordes del tambor
Pala punta cuadrada	1 por grupo	5 kg/pal*	Se utiliza en la recolección de material regado

\* Recomendación de CCSSO para trabajo continuo (Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional)

ACTIVIDADES		
DETALLE	PERSONAL DESTINADO	OBSERVACIONES
Carga de agua en mezcladora	1 por grupo	Actividad realizada por un operario en la cual se carga el agua del tanque de almacenamiento a la mezcladora
Transporte de piedra a mezcladora	2 por grupo	Actividad realizada por dos operarios desde el punto de abastecimiento de piedra hacia el pie de la mezcladora
Carga de piedra en mezcladora		Actividad realizada por dos operarios en la cual se descarga el material piedra de las parihuelas en la mezcladora
Transporte de cemento a mezcladora	1 por grupo	Actividad realizada por un operario desde el punto de abastecimiento de cemento hacia el pie de la mezcladora
Carga de cemento a mezcladora		Actividad realizada por un operario en la cual se descarga el material cemento en la mezcladora
Transporte de arena a mezcladora	2 por grupo	Actividad realizada por dos operarios desde el punto de abastecimiento de arena hacia el pie de la mezcladora
Carga de arena a mezcladora		Actividad realizada por dos operarios en la cual se descarga el material arena de las parihuelas en la mezcladora
Recolección de material regado	1 por grupo	Actividad realiza por un operario en la cual recoge el material regado al pie de la mezcladora en la carga del tambor
Mezclado	-*	Actividad realizada por la máquina en la cual con giros rotatorios
Volteado del tambor de mezcla	1 por grupo	Actividad realizada por un operario en la cual con el control del volante gira el tambor para descargar la mezcla

\* Mezclado realizado por la máquina

MATERIALES			
DETALLE	CONSUMO DE MATERIALES	CONTROL DE CALIDAD	OBSERVACIONES
Agua	n/a*	Mensual aleatorio de contenido químico	El agua es provista por el balde medido, no se utilizarán otros medios ya que variar la proporción afecta la mezcla
Piedra # 56	FIFO	Semanal aleatorio prueba de tamices ASTM C136	-
Arena Homogenizada	FIFO	Semanal aleatorio prueba de tamices ASTM C136	-
Cemento	FIFO	Control en pruebas de mezcla	-

\* n/a, el agua está almacenada en un tanque provisional sin regimen de llegada

**INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA**

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** Lisandro Segura - Santiago Cortay - Fernando Guzman  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Mezclado

CONDICIONES DE TRABAJO	
<b>GENERAL</b>	Zona techada, de pie
<b>ILUMINACIÓN</b>	Luz natural, no requerida artificial antes de las 17:00
<b>TEMPERATURA</b>	Regular, entre 23°C en la mañana hasta 29°C al medio día
<b>RUIDO</b>	Moderado
<b>VENTILACIÓN</b>	No requerida
<b>EPP's</b>	Guantes de Lana, Botas de caucho, Mascarillas

**INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA**

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** Carlos Iza - Edison Villanueva  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Carga y transporte de mezcla

MAQUINAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
		n/a*	

\* Esta operación no requiere máquinas

HERRAMIENTAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Pala punta cuadrada	1 por paleador de mezcla	5 kg/pal*	Se utiliza únicamente en la carga de mezcla, peso de herramienta máximo 3 kg*
Balde reforzados para mezcla	1 por cargador de mezcla	17 kg **	Se utiliza en el transporte de mezcla del área de mezclado a hormigonado

\* Recomendación de CCSSO para trabajo continuo (Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional)

\*\* Recomendación por NIOSH

ACTIVIDADES		
DETALLE	PERSONAL DESTINADO	OBSERVACIONES
Carga de mezcla en baldes de transporte	1 x grupo de mezclado	Actividad realizada por una persona en la cual se patea en los baldes la mezcla fresca recién volteada de la mezcladora
Transporte de mezcla a hormigonado	6	Actividad realizada por una persona en la cual se transporta la mezcla en los baldes hacia la zona de hormigonado

MATERIALES			
DETALLE	CONSUMO DE MATERIALES	CONTROL DE CALIDAD	OBSERVACIONES
Mezcla de hormigón	FIFO	Prueba de asentamiento aleatorio diario	La mezcla se debe utilizar hasta 15 minutos después del mezclado, tiempos posteriores pierde moldeabilidad la mezcla

CONDICIONES DE TRABAJO	
<b>GENERAL</b>	Zona techada, de pie
<b>ILUMINACIÓN</b>	Luz natural, no requerida artificial antes de las 17:00
<b>TEMPERATURA</b>	Regular, entre 23°C en la mañana hasta 29°C al medio día
<b>RUIDO</b>	Despreciable
<b>VENTILACIÓN</b>	No requerida
<b>EPP's</b>	Guantes de caucho, botas de caucho, protección de hombro

**INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA**

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** Angel Timarán  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Hormigonado y Acabado

MAQUINAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
n/a*			

\* Esta operación no requiere máquinas

HERRAMIENTAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Bailejo	1 por maestro de hormigonado	n/a	Utilizadas en la distribución de mezcla fresca en el molde
Regla 30 cm y 60 cm longitud	1 de cada una por maestro de hormigonado	n/a	Utilizadas para darle forma a la cara superior del panel con la mezcla fresca
Paleta de madera	1 por maestro de acabado	n/a	Utilizada para darle el acabado a la superficie del panel en estado fresco

ACTIVIDADES		
DETALLE	PERSONAL DESTINADO	OBSERVACIONES
Esparcir mezcla en el molde	5	Actividad realizada por una persona en la cual la mezcla es distribuida en toda el área del molde con el bailejo
Regular superficie en el molde		Actividad realizada por una persona en la cual la mezcla es nivelada sobre la superficie del molde
Dar acabado a superficie de loseta	3	Actividad realizada por una persona en la cual se da acabado a la superficie de la loseta de tal manera que quede lisa

MATERIALES			
DETALLE	CONSUMO DE MATERIALES	CONTROL DE CALIDAD	OBSERVACIONES
Mezcla de hormigón	FIFO	Prueba de asentamiento aleatorio diario	La mezcla se debe utilizar hasta 15 minutos después del mezclado, tiempos posteriores pierde moldeabilidad la mezcla
Cemento - Arena	FIFO	-	Se utiliza para el acabado de la loseta para mejorar la superficie y mantener humedad

CONDICIONES DE TRABAJO	
<b>GENERAL</b>	Zona techada, de pie
<b>ILUMINACIÓN</b>	Luz natural, no requerida artificial antes de las 17:00
<b>TEMPERATURA</b>	Regular, entre 23°C en la mañana hasta 29°C al medio día
<b>RUIDO</b>	Despreciable
<b>VENTILACIÓN</b>	No requerida
<b>EPP's</b>	Guantes de caucho

**INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA**

**ANALISTA:** Andrés Josué Aguayo Aróstegui  
**OPERARIO(S):** David Aguas - José Cevallos  
**FECHA:** 4-jun-2009  
**OPERACIÓN:** Preparación y armado de moldes

MAQUINAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
n/a*			

\* Esta operación no requiere máquinas

HERRAMIENTAS			
DETALLE	CANTIDAD	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Espátula	1 por persona	n/a	Utilizada para retirar mezcla remanente en los moldes
Brocha	1 por persona	4 pulgadas	Utilizada para colocar el desmoldante en la superficie de los moldes y marcos
Balde sencillo	1 por persona	1 galón	Utilizado para transportar el desmoldante al puesto en que se armarán moldes
Martillo	1 por persona	n/a	Utilizado para retirar pedazos grandes de mezcla remanente en los moldes

ACTIVIDADES		
DETALLE	PERSONAL DESTINADO	OBSERVACIONES
Retirar mezcla remanente en moldes	6 (organizados en parejas)	Actividad realizada por dos personas independientemente en la cual se retirará cualquier remanente de mezcla de alguna preparación anterior, con espátula o martillo
Armado de marcos sobre base metálica		Actividad realizada por dos personas las cuales arman y cuadran los moldes y ajustan los pernos para asegurar los marcos, y colocan ganchos para evitar que se mueva o levante
Regado de desmoldante		Actividad realizada por dos personas independientemente en la cual se coloca el desmoldante sobre la base metálica y marcos con las brochas

MATERIALES			
DETALLE	CONSUMO DE MATERIALES	CONTROL DE CALIDAD	OBSERVACIONES
Mezcla de hormigón	FIFO	Prueba de asentamiento aleatorio diario	La mezcla se debe utilizar hasta 15 minutos después del mezclado, tiempos posteriores pierde moldeabilidad la mezcla
Desmoldante	FIFO	n/a	Una molde armado con desmoldante debe ser fundido dentro de los siguientes veinte minutos para asegurar su funcionalidad

CONDICIONES DE TRABAJO	
<b>GENERAL</b>	Zona techada, de pie
<b>ILUMINACIÓN</b>	Luz natural, no requerida artificial antes de las 17:00
<b>TEMPERATURA</b>	Regular, entre 23°C en la mañana hasta 29°C al medio día
<b>RUIDO</b>	Despreciable
<b>VENTILACIÓN</b>	No requerida
<b>EPP's</b>	Guantes de lana

## ANEXO I: HOJAS DE TIEMPOS TOMADOS POR OPERACIÓN

ESTUDIO #:	3			FECHA:	25-ene-09			PÁGINA:	1	
OPERACIÓN:	Preparación y armado de moldes			OPERARIO:	David Aguas - José Cevallos			OBSERVADOR:	AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	1	2	3	4	5	6	7			
	Operarios colocan soportes de apoyo en 2 bases utilizadas	Operarios colocan 2 bases de molde sobre apoyo	Operarios limpian bases y marcos de moldes	Operarios cuadran marcos en base de molde	Operarios colocan binchas de agarre	Operarios riegan desmoldante en superficie de moldes	Operarios se transportan a siguiente puesto (aprox 4 m)			
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	1	11,02	39,16	33,40	17,21	31,35	162,07	6,86		
	2	10,96	36,38	29,45	18,86	33,63	150,59	5,91		
	3	12,19	38,97	33,77	17,28	34,01	169,97	7,63		
	4	10,67	37,66	29,94	15,32	30,22	165,44	6,97		
	5	11,61	39,23	31,52	19,04	31,83	159,70	7,24		
	6	10,64	38,48	35,96	17,75	29,40	167,59	6,27		
	7	11,89	39,21	36,58	18,77	29,02	165,07	6,67		
	8	11,77	38,19	34,23	20,52	32,60	153,24	6,65		
	9	11,07	39,01	30,85	16,88	35,97	165,64	6,57		
	10	10,4	37,61	36,65	16,67	31,63	164,09	6,51		
	11	11,38	34,46	28,81	15,71	32,50	157,76	7,12		
	12	10,89	38,54	37,74	18,55	33,87	157,48	6,87		
	13	11,17	37,41	31,37	17,95	29,96	169,15	6,63		
	14	11,48	38,87	37,26	16,54	31,04	164,80	6,13		
	15	12,41	38,28	36,12	18,30	35,95	165,73	6,73		
	16	10,59	37,22	35,96	18,36	30,01	168,35	6,26		
	17	9,96	38,95	30,86	15,22	31,13	160,48	7,60		
	18	10,45	38,99	33,28	17,16	30,73	165,92	6,05		
	19	11,12	40,94	36,77	15,41	31,11	162,64	6,90		
	20	10,35	37,95	31,02	16,55	28,47	164,22	7,22		
	21	11,62	37,31	30,49	15,90	32,13	157,48	6,40		
	22	10,84	37,34	32,02	18,18	29,87	168,83	6,14		
	23	11,52	38,70	35,45	18,84	31,30	168,74	7,55		
	24	9,9	37,15	33,63	16,41	30,10	166,23	6,19		
	25	10,53	38,01	36,40	18,74	32,72	158,45	6,26		
	26	9,26	40,04	33,66	19,57	30,72	153,77	7,59		
	27	9,45	37,70	36,15	15,47	29,48	163,02	7,30		
	28	8,04	38,51	32,24	16,60	32,22	161,78	5,94		
	29	9,84	38,16	37,58	17,88	33,01	155,08	6,80		
	30	8,37	38,80	35,35	16,52	29,93	156,04	7,51		
	31	9,16	35,91	34,79	18,81	29,09	165,35	6,66		
	32	8,8	36,58	32,47	18,79	34,18	153,75	7,04		
	33	8,98	36,42	33,82	15,37	30,97	160,14	6,61		
	34	9,03	38,55	33,72	19,92	29,37	163,52	6,44		
	35	9,03	37,10	32,29	18,81	32,42	153,96	7,29		

ESTUDIO #:		3			FECHA:		25-ene-09			PÁGINA:		2	
OPERACIÓN:		Preparación y armado de moldes			OPERARIO:		David Aguas - José Cevallos			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	1	2	3	4	5	6	7					
		Operarios colocan soportes de apoyo en 2 bases utilizadas	Operarios colocan 2 bases de molde sobre apoyo	Operarios limpian bases y marcos de moldes	Operarios cuadran marcos en base de molde	Operarios colocan binchas de agarre	Operarios riegan desmoldante en superficie de moldes	Operarios se transportan a siguiente puesto (aprox 4 m)					
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	36	8,19	38,36	35,22	15,96	34,33	156,60	6,88					
	37	8,37	35,67	35,71	17,85	30,96	151,02	6,44					
	38	9,82	38,20	35,85	17,46	29,82	152,56	7,15					
	39	8,47	37,84	37,23	21,15	33,43	165,92	6,58					
	40	8,49	37,73	34,49	17,31	35,93	168,07	7,20					
	41	8,26	38,12	32,18	16,79	31,21	152,58	7,42					
	42	7,88	41,47	30,64	15,32	31,77	152,37	6,44					
	43	8,59	36,54	29,53	17,76	36,69	163,79	7,24					
	44	8,17	38,33	34,46	19,84	30,08	164,37	6,32					
	45	9,26	38,01	30,57	15,02	33,72	164,60	7,02					
	46	8,36	38,46	34,01	17,72	33,30	156,96	6,50					
	47	7,77	36,97	37,01	17,89	30,21	153,04	7,07					
	48	9,07	37,36	36,04	15,44	32,28	161,78	6,42					
	49	9,07	36,55	29,56	16,52	29,66	158,50	6,25					
	50	8,99	37,65	31,87	18,54	30,75	168,33	6,93					
	51	8,72	34,72	37,48	18,83	32,08	164,71	7,36					
	52	8,10	36,99	34,36	16,95	31,85	165,35	6,01					
	53												
	54												
	55												
RESUMEN													
TO TOTAL		500,95	1970,76	1757,81	910,21	1650,01	8386,62	351,74					
% FC		95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%					
TN TOTAL		475,90	1872,22	1669,92	864,70	1567,51	7967,29	334,15					
OBSERVACIONES		52	52	52	52	52	52	52					
TN PROMEDIO		9,15	36,00	32,11	16,63	30,14	153,22	6,43					
% SUPLEMENTOS		13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%					
TIEMPO ESTÁNDAR		<b>10,34</b>	<b>40,68</b>	<b>36,29</b>	<b>18,79</b>	<b>34,06</b>	<b>173,14</b>	<b>7,26</b>					
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN</b>										<b>320,57</b>			
ELEMENTOS EXTRAÑOS					VERIFICACIÓN DE TIEMPOS				RESUMEN SUPLEMENTOS				
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO		NECESIDADES PERSONALES		5%			
						TIEMPO FINALIZACIÓN		FATIGA BASICA		4%			
						TIEMPO TRANSCURRIDO		FATIGA VARIABLE		4%			
								ESPECIAL		0%			
								% SUPLEMENTO TOTAL		13%			





ESTUDIO #:		1				FECHA:		22-ene-09		PÁGINA:		2	
OPERACIÓN:		Paleado de Agregados (Piedra)				OPERARIO:		Oscar Romero		OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	1	2	3	4	5	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
		Operario levanta pala sin carga	Operario palea material en parihuela	Operario deja pala	Operario Toma parihuela vacía	Operario coloca parihuela en posición							
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	36	2,87	36,29	2,38	5,37	7,30							
	37												
	38												
	39												
	40												
	41												
	42												
	43												
	44												
	45												
	46												
	47												
	48												
	49												
	50												
	51												
	52												
	53												
	54												
	55												
	56												
	57												
	58												
	59												
	60												
<b>RESUMEN</b>													
<b>TO TOTAL</b>		97,51	1338,29	73,16	190,56	250,96							
<b>% FC</b>		100%	100%	100%	100%	100%							
<b>TN TOTAL</b>		97,51	1338,29	73,16	190,56	250,96							
<b>OBSERVACIONES</b>		36	36	36	36	36							
<b>TN PROMEDIO</b>		2,71	37,17	2,03	5,29	6,97							
<b>% SUPLEMENTOS</b>		13%	13%	13%	13%	13%							
<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>		<b>3,0607</b>	<b>42,0074</b>	<b>2,2964</b>	<b>5,9815</b>	<b>7,8774</b>							
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN</b>											<b>61,22</b>		
<b>ELEMENTOS EXTRAÑOS</b>					<b>VERIFICACIÓN DE TIEMPOS</b>				<b>RESUMEN SUPLEMENTOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TO</b>	<b>TC2</b>	<b>TC1</b>	<b>SIM</b>	<b>TIEMPO INICIO</b>			<b>NECESIDADES PERSONALES</b>	5%				
					<b>TIEMPO FINALIZACIÓN</b>			<b>FATIGA BASICA</b>	4%				
					<b>TIEMPO TRANSCURRIDO</b>			<b>FATIGA VARIABLE</b>	4%				
					<b>TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO</b>			<b>ESPECIAL</b>	0%				
					<b>TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO</b>			<b>% SUPLEMENTO TOTAL</b>	13%				

ESTUDIO #:		2		FECHA:		22-ene-09		PÁGINA:		1	
OPERACIÓN:		Paleado de Agregados (Arena)		OPERARIO:		Julián Borbor		OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	NOTA	1 Operario		2 Operario		3 Operario		4 Operario		5 Operario	
		levanta pala sin carga	palea material en parihuela	deja pala	Toma parihuela vacía	coloca parihuela en posición					
	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	1	3,09	39,77	1,74	5,22	7,02					
	2	2,93	36,92	1,94	5,80	6,61					
	3	3,24	35,08	1,89	5,15	7,44					
	4	2,96	37,59	2,08	4,59	7,11					
	5	2,78	37,71	1,92	4,69	6,82					
	6	2,68	35,44	1,83	5,18	6,67					
	7	2,85	37,15	2,23	5,80	6,47					
	8	2,78	38,11	1,77	4,23	6,50					
	9	3,24	36,15	1,86	4,66	6,72					
	10	2,44	37,31	1,69	5,26	6,50					
	11	2,52	37,44	2,22	4,41	7,44					
	12	2,36	35,25	1,74	6,45	6,88					
	13	2,96	36,54	1,91	5,70	7,04					
	14	2,76	36,64	2,20	5,13	7,14					
	15	2,66	37,85	2,02	5,30	6,54					
	16	2,16	40,25	1,73	4,98	6,79					
	17	2,94	36,24	2,09	5,49	6,34					
	18	2,67	38,16	1,84	5,10	7,06					
	19	3,14	36,59	1,69	4,69	6,88					
	20	2,88	37,09	2,01	4,88	6,57					
	21	3,08	36,32	1,96	4,39	6,48					
	22	2,63	37,76	2,00	5,51	6,96					
	23	2,91	38,12	2,08	4,90	7,32					
	24	2,95	36,45	1,78	6,32	6,72					
	25	2,64	39,59	1,90	5,95	7,26					
	26	2,71	38,35	1,88	4,58	6,94					
	27	3,00	37,07	1,95	4,26	6,89					
	28	2,34	36,59	1,99	5,26	6,62					
	29	2,58	39,65	1,85	6,10	7,01					
	30	2,54	35,63	1,84	5,45	7,08					
	31	2,57	36,27	2,12	4,41	7,27					
	32	2,66	35,60	2,16	4,62	6,42					
	33	2,93	35,22	1,84	4,69	6,57					
	34	2,96	37,70	1,75	4,86	6,72					
	35	3,16	38,71	1,83	4,67	6,59					

ESTUDIO #:		2					FECHA:		22-ene-09			PÁGINA:		2	
OPERACIÓN:		Paleado de Agregados (Arena)					OPERARIO:		Julián Borbor			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	NOTA	1	2	3	4	5	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
		Operario levanta pala sin carga	Operario palea material en parihuela	Operario deja pala	Operario Toma parihuela vacía	Operario coloca parihuela en posición									
		36	37	38	39	40	3,17	35,60	1,79	6,20	6,38				
		41													
		42													
		43													
		44													
		45													
		46													
		47													
		48													
		49													
		50													
		51													
		52													
		53													
		54													
		55													
		56													
		57													
		58													
		59													
		60													
<b>RESUMEN</b>															
<b>TO TOTAL</b>		100,87	1337,91	69,12	184,88	245,77									
<b>% FC</b>		97%	97%	97%	97%	97%									
<b>TN TOTAL</b>		97,84	1297,77	67,05	179,33	238,40									
<b>OBSERVACIONES</b>		36	36	36	36	36									
<b>TN PROMEDIO</b>		2,72	36,05	1,86	4,98	6,62									
<b>% SUPLEMENTOS</b>		13%	13%	13%	13%	13%									
<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>		<b>3,07</b>	<b>40,74</b>	<b>2,10</b>	<b>5,63</b>	<b>7,48</b>									
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN</b>													<b>59,02</b>		
<b>ELEMENTOS EXTRAÑOS</b>					<b>VERIFICACIÓN DE TIEMPOS</b>					<b>RESUMEN SUPLEMENTOS</b>					
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO					NECESIDADES PERSONALES		5%		
						TIEMPO FINALIZACIÓN					FATIGA BASICA		4%		
						TIEMPO TRANSCURRIDO					FATIGA VARIABLE		4%		
						TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO						ESPECIAL		0%	
						TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO						% SUPLEMENTO TOTAL		13%	

ESTUDIO #:		4				FECHA:				24-ene-09				PÁGINA:		1	
OPERACIÓN:		Mezclado de materiales				OPERARIOS:				Lisandro Segura, Santiago Cortay				OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	1 Jefe de cuadrilla coloca boca de máquina en posición carga		2 Jefe de cuadrilla carga primer balde de agua en máquina		3 Jefe de cuadrilla carga segundo balde de agua en máquina		4 Jefe de cuadrilla carga tercer balde de agua en máquina		5 Operarios cargan primer viaje de piedra en mezcladora		6 Operarios cargan segundo viaje de piedra en mezcladora		7 Operarios cargan tercer viaje de piedra en mezcladora		8 Operarios cargan cuarto viaje de piedra en mezcladora	
		TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO
	1	4,11	10,96	10,87	10,64	12,47	22,29	23,38	24,54								
	2	4,98	11,16	11,59	12,09	9,73	20,93	25,08	24,50								
	3	4,28	10,22	10,73	12,49	10,21	24,29	23,77	23,35								
	4	4,16	10,68	12,09	10,79	11,50	22,52	22,74	26,52								
	5	4,65	11,11	10,64	12,39	9,85	23,24	26,22	24,91								
	6	5,05	10,79	11,92	13,02	11,54	23,53	25,28	25,53								
	7	4,08	12,48	10,67	11,55	11,75	25,89	24,72	23,92								
	8	4,20	11,02	11,79	11,07	10,65	21,71	24,91	24,01								
	9	4,34	12,11	11,94	12,18	11,70	22,91	21,68	24,97								
	10	4,80	11,06	11,85	12,54	10,64	23,69	25,71	23,86								
	11	4,30	10,66	12,39	11,38	10,11	23,18	23,04	25,66								
	12	4,22	10,83	11,96	10,72	11,81	24,59	23,89	22,42								
	13	4,07	10,98	10,79	11,16	11,33	21,88	24,07	25,83								
	14	4,91	10,89	11,56	12,00	12,18	23,78	24,79	25,08								
	15	4,57	10,99	10,92	12,16	11,47	25,86	23,42	24,09								
	16																
	17																
	18																
	19																
	20																
	21																
	22																
	23																
	24																
	25																
RESUMEN																	
TO TOTAL		66,72	165,94	171,71	176,18	166,94	350,29	362,70	369,19								
% FC		100%	100%	100%	100%	102%	102%	102%	102%								
TN TOTAL		66,72	165,94	171,71	176,18	170,28	357,30	369,95	376,57								
OBSERVACIONES		15	15	15	15	15	15	15	15								
TN PROMEDIO		4,45	11,06	11,45	11,75	11,35	23,82	24,66	25,10								
% SUPLEMENTOS		13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%								
TIEMPO ESTÁNDAR		5,03	12,50	12,94	13,27	12,83	26,92	27,87	28,37								
ELEMENTOS EXTRAÑOS				VERIFICACIÓN DE TIEMPOS				RESUMEN SUPLEMENTOS									
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO		NECESIDADES PERSONALES		5%							
						TIEMPO FINALIZACIÓN		FATIGA BASICA		4%							
						TIEMPO TRANSCURRIDO		FATIGA VARIABLE		4%							
						TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO		ESPECIAL		0%							
						TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO		% SUPLEMENTO TOTAL		13%							

ESTUDIO #:		4				FECHA:				24-ene-09				PÁGINA:		2	
OPERACIÓN:		Mezclado de materiales				OPERARIOS:				Lisandro Segura, Santiago Cortay				OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	9	10	11	12	13	14	15	16	Operarios		Operarios		Operarios			
		Jefe de cuadrilla se moviliza a área de cemento y abre saco	Jefe de cuadrilla transporta saco a mezcladora	Jefe de cuadrilla descarga saco en mezcladora	Jefe de cuadrilla baja boca mezcladora	Jefe de cuadrilla sube boca de mezcladora	Operarios cargan primer viaje de arena en mezcladora	Operarios cargan segundo viaje de arena en mezcladora	Operarios cargan tercer viaje de arena en mezcladora								
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO		TO		TO			
	1	29,62	12,21	21,72	6,33	19,29	12,01	24,32	24,73								
	2	25,65	13,74	24,33	6,62	16,28	13,58	25,05	22,99								
	3	30,39	14,31	25,01	7,14	17,36	12,22	23,82	24,47								
	4	25,15	13,69	22,38	6,99	19,29	10,86	25,35	25,21								
	5	28,63	12,02	22,29	6,25	19,25	14,09	24,03	23,87								
	6	26,42	13,91	24,74	6,88	21,11	13,33	22,11	22,33								
	7	30,11	14,01	23,01	7,31	18,46	12,63	25,07	23,56								
	8	29,61	12,37	22,55	6,39	17,34	13,45	25,23	24,87								
	9	30,18	15,13	24,46	7,29	18,04	11,11	22,26	24,66								
	10	29,17	12,72	22,06	7,73	20,54	14,05	23,00	25,20								
	11	26,56	13,52	23,36	6,58	18,46	12,09	24,85	26,54								
	12	28,38	12,71	26,27	6,68	19,13	12,25	23,32	24,19								
	13	29,49	14,54	23,14	6,83	17,64	13,12	22,23	23,78								
	14	27,35	13,21	24,27	6,46	18,93	12,06	23,89	25,20								
	15	29,24	13,37	23,17	7,01	19,24	14,62	24,19	24,43								
	16																
	17																
	18																
	19																
	20																
	21																
	22																
	23																
	24																
	25																
RESUMEN																	
<b>TO TOTAL</b>		425,95	201,46	352,76	102,49	280,36	191,47	358,72	366,03								
<b>TN TOTAL</b>		100%	100%	100%	100%	100%	102%	102%	102%								
<b>TN TOTAL</b>		425,95	201,46	352,76	102,49	280,36	195,30	365,89	373,35								
<b>OBSERVACIONES</b>		15	15	15	15	15	15	15	15								
<b>TN PROMEDIO</b>		28,40	13,43	23,52	6,83	18,69	13,02	24,39	24,89								
<b>% SUPLEMENTOS</b>		13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%								
<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>		<b>32,09</b>	<b>15,18</b>	<b>26,57</b>	<b>7,72</b>	<b>21,12</b>	<b>14,71</b>	<b>27,56</b>	<b>28,13</b>								
ELEMENTOS EXTRAÑOS				VERIFICACIÓN DE TIEMPOS				RESUMEN SUPLEMENTOS									
DESCRIPCIÓN	TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO			NECESIDADES PERSONALES	5%								
					TIEMPO FINALIZACIÓN			FATIGA BASICA	4%								
					TIEMPO TRANSCURRIDO			FATIGA VARIABLE	4%								
					TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO			ESPECIAL	0%								
					TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO			% SUPLEMENTO TOTAL	13%								

ESTUDIO #:		4			FECHA:		24-ene-09			PÁGINA:		3	
OPERACIÓN:		Mezclado de materiales			OPERARIOS:		Lisandro Segura, Santiago Cortay			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	17	Jefe de	18	Jefe de	19	Jefe de						
		cuadrilla boca mezcladora	baja de	cuadrilla boca de mezcladora	sube boca	cuadrilla descarga mezcladora							
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO
	1	4,69	46,33	25,25									
	2	3,96	38,47	30,25									
	3	4,43	43,56	27,75									
	4	4,29	40,78	29,69									
	5	4,16	43,60	30,78									
	6	5,46	40,49	27,51									
	7	3,84	39,21	29,41									
	8	4,82	39,33	25,44									
	9	3,86	49,71	29,35									
	10	4,95	41,74	27,93									
	11	5,48	43,36	25,85									
	12	4,87	41,08	31,32									
	13	5,51	45,37	26,24									
	14	4,66	39,66	26,62									
	15	5,01	41,08	25,30									
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												
	21												
	22												
	23												
	24												
	25												
RESUMEN													
<b>TO TOTAL</b>		69,99	633,77	418,69									
<b>TN TOTAL</b>		100%	100%	100%									
<b>TN TOTAL</b>		69,99	633,77	418,69									
<b>OBSERVACIONES</b>		15	15	15									
<b>TN PROMEDIO</b>		4,67	42,25	27,91									
<b>% SUPLEMENTOS</b>		13%	13%	13%									
<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>		5,27	47,74	31,54									
<b>TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN</b>												<b>397,36</b>	
ELEMENTOS EXTRAÑOS					VERIFICACIÓN DE TIEMPOS					RESUMEN SUPLEMENTOS			
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO				NECESIDADES PERSONALES		5%	
						TIEMPO FINALIZACIÓN				FATIGA BASICA		4%	
						TIEMPO TRANSCURRIDO				FATIGA VARIABLE		4%	
						TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO			ESPECIAL		0%		
						TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO			% SUPLEMENTO TOTAL		13%		







ESTUDIO #:		5		FECHA:		22-ene-09		PÁGINA:		3
OPERACIÓN:		Paleado de Mezcla		OPERARIO:		Carlos Iza		OBSERVADOR:		AA
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	NOTA	1	2	3	4	5				
		Operario arregla mezcla descargada con pala	Operario carga mezcla en balde	Operario Operario deja pala en espera	Operario Humedece superficie	Operario recoge pala				
	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	71		13,36							
	72		12,97							
	73		13,11							
	74		11,84							
	75		12,75							
	76		11,84							
	77		12,53							
	78		15,05							
	79		11,53							
	80		13,20							
	81		14,38							
	82		14,77							
	83		11,70							
	84		12,21							
	85		14,14							
	86		13,73							
	87		15,21							
	88		11,83							
	89		12,17							
	90		13,18							
	91		11,59							
	92		13,22	2,51	14,70	2,69				
	93	7,23	12,48							
	94		13,66							
	95		11,92							
	96		14,54							
	97		13,66							
	98		11,88							
	99		16,26							
	100		13,57							
	101		11,83							
	102		12,25							
	103		11,95							
	104		15,21							
	105		12,52							

ESTUDIO #:		5			FECHA:		22-ene-09			PÁGINA:		4	
OPERACIÓN:		Paleado de Mezcla			OPERARIO:		Carlos Iza			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	NOTA	1 Operario		2 Operario		3 Operario		4 Operario		5 Operario			
		arregla descargada con pala	mezcla	carga mezcla en balde	Operario deja pala en espera	Humedece superficie	recoge pala						
	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	106		12,82										
	107		13,61										
	108		12,71										
	109		12,13										
	110		12,68										
	111		11,82										
	112		11,60										
	113		15,16										
	114		13,37										
	115		11,50	2,80		15,63		2,92					
	116	7,69	12,35										
	117		13,23										
	118		11,94										
	119		11,79										
	120		12,33										
	121		12,94										
	122		11,70										
	123		12,22										
	124		12,00										
	125		11,20										
RESUMEN													
TO TOTAL		46,92	1616,64	14,60	76,85	13,75							
FC %		93%	93%	93%	93%	93%							
TN TOTAL		43,64	1503,48	13,58	71,47	12,79							
OBSERVACIONES		6	125	5	5	5							
TN PROMEDIO		0,32	12,03	0,12	0,62	0,11							
% SUPLEMENTOS		13%	13%	13%	13%	13%							
TIEMPO ESTÁNDAR		0,36	13,5914	0,1334	0,70	0,13							
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN											14,91		
ELEMENTOS EXTRAÑOS					VERIFICACIÓN DE TIEMPOS					RESUMEN SUPLEMENTOS			
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO				NECESIDADES PERSONALES		5%	
						TIEMPO FINALIZACIÓN				FATIGA BASICA		4%	
						TIEMPO TRANSCURRIDO				FATIGA VARIABLE		4%	
						TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO			ESPECIAL		0%		
						TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO			% SUPLEMENTO TOTAL		13%		



ESTUDIO #:		6			FECHA:		23-ene-09			PÁGINA:		1	
OPERACIÓN:		Transporte de mezcla			OPERARIO:		Edison Villanueva			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	NOTA	1 Operario		2 Operario		3 Operario		4 Tiempo		5 Tiempo		TO	TO
		levanta cargado con mezcla	balde sobre molde	descarga mezcla	mezcla para cargado	baja para cargado	balde vacío	promedio de transporte sin carga (15 mts)	promedio de transporte con carga (15 mts)	TO	TO		
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO
	36	7,47		6,19		2,50							
	37	7,27		7,25		2,76							
	38	6,99		7,49		2,16							
	39												
	40												
	41												
	42												
	43												
	44												
	45												
	46												
	47												
	48												
	49												
	50												
RESUMEN													
TO TOTAL		264,53		276,11		94,28		13,42		15,58			
FC %		98%		98%		98%		100%		100%			
TN TOTAL		259,24		270,59		92,39		13,42		15,58			
OBSERVACIONES		38		38		38		1		1			
TN PROMEDIO		6,82		7,12		2,43		13,42		15,58			
% SUPLEMENTOS		13%		13%		13%		13%		13%			
TIEMPO ESTÁNDAR		7,71		8,05		2,75		15,16		17,61			
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN												51,28	
ELEMENTOS EXTRAÑOS					VERIFICACIÓN DE TIEMPOS					RESUMEN SUPLEMENTOS			
DESCRIPCIÓN		TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO					NECESIDADES PERSONALES		5%
						TIEMPO FINALIZACIÓN					FATIGA BASICA		4%
						TIEMPO TRANSCURRIDO					FATIGA VARIABLE		4%
						TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO					ESPECIAL		0%
						TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO					% SUPLEMENTO TOTAL		13%

ESTUDIO #:		7			FECHA:		23-ene-09			PÁGINA:		1	
OPERACIÓN:		Hormigonado			OPERARIOS:		Angel Timarán			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8				
		Operario J distribuye mezcla sobre molde	Operario J deja herramientas en área contigua	Operario J toma malla metálica	Operario J coloca malla metálica en mezcla de hormigón	Operario J toma herramientas	Operario J ajusta posición de malla con herramientas	Operario J nivela superficie de panel de hormigón con regla	Operario J coloca mezcla sobrante de bordes de molde				
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	
	1	25,86	2,11	4,08	19,18	1,79	9,11	79,95	27,87				
	2	23,21	1,88	4,28	17,32	2,37	11,24	90,94	29,10				
	3	31,71	2,63	3,28	18,12	2,14	8,92	80,72	27,49				
	4	27,29	1,93	5,77	23,61	1,86	12,77	74,42	28,73				
	5	24,77	2,26	4,50	21,52	2,29	10,37	75,53	26,54				
	6	26,58	2,08	3,52	22,04	1,90	11,49	85,47	27,71				
	7	29,66	2,01	3,53	22,32	1,97	10,42	80,05	29,09				
	8	24,55	2,17	3,48	18,47	1,79	11,30	74,57	27,46				
	9	27,95	2,11	3,89	18,51	2,15	12,39	83,03	28,05				
	10	23,33	1,92	5,37	18,45	1,97	9,47	88,28	27,29				
	11	25,47	2,12	4,61	20,17	2,23	11,44	81,82	27,75				
	12	28,94	2,27	4,01	21,65	2,19	12,58	89,46	29,03				
	13	29,80	2,31	3,99	22,46	2,04	10,25	86,48	27,08				
	14	29,07	2,13	4,61	17,43	2,10	9,82	85,57	27,15				
	15	24,55	2,03	4,84	23,56	2,32	12,08	82,48	26,90				
	16												
	17												
	18												
RESUMEN													
TO TOTAL		402,7	32,0	63,8	304,8	31,1	163,7	1238,8	417,2				
FC %		103%	103%	103%	103%	103%	103%	103%	103%				
TN TOTAL		414,8	32,9	65,7	314,0	32,0	168,6	1275,9	429,8				
OBSERVACIONES		15	15	15	15	15	15	15	15				
TN PROMEDIO		27,7	2,2	4,4	20,9	2,1	11,2	85,1	28,7				
% SUPLEMENTOS		13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%				
TIEMPO ESTÁNDAR		31,25	2,48	4,95	23,65	2,41	12,70	96,12	32,38				
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN										205,94			
ELEMENTOS EXTRAÑOS					VERIFICACIÓN DE TIEMPOS				RESUMEN SUPLEMENTOS				
DESCRIPCIÓN					TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO		NECESIDADES PERSONALES		5%
									TIEMPO FINALIZACIÓN		FATIGA BASICA		4%
									TIEMPO TRANSCURRIDO		FATIGA VARIABLE		4%
									TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO		ESPECIAL		0%
									TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO		% SUPLEMENTO TOTAL		13%

ESTUDIO #:		7			FECHA:		29-ene-09			PÁGINA:		1	
OPERACIÓN:		Acabado			OPERARIOS:		Alejandro Reyes			OBSERVADOR:		AA	
DESCRIPCIÓN ELEMENTO CICLO	CICLO	1	2	3	4	5	6	7	8				
		Operario K con paleta da giros circulares en superficie de panel	Operario K rocía polvo - arena sobre superficie de panel	Operario K da acabado con movimientos suaves rectos	Operario K toma y coloca lona humedecida de yute sobre superficie procesado	Operario K se transporta a siguiente molde							
NOTA	CICLO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO				
	1	27,38	20,65	25,30	17,19	5,73							
	2	24,71	19,62	22,43	16,98	5,41							
	3	26,75	18,33	25,82	14,17	4,53							
	4	29,51	16,77	26,60	15,02	6,31							
	5	27,61	16,90	22,86	14,58	5,50							
	6	25,45	18,10	26,42	14,60	5,89							
	7	25,91	20,50	25,92	16,10	6,35							
	8	29,33	17,83	25,30	15,58	5,70							
	9	24,84	20,29	24,17	13,87	6,05							
	10	29,19	17,67	23,26	16,40	4,98							
	11	25,03	18,65	26,44	14,80	6,35							
	12	25,76	17,05	25,78	16,93	4,86							
	13	26,37	18,65	23,30	18,14	5,63							
	14	27,99	18,06	23,19	15,90	5,50							
	15	25,02	17,67	26,50	15,69	4,36							
	16	28,87	19,54	25,20	15,6	4,97							
	17	26,21	19,86	23,61	17,16	4,94							
	18	26,98	18,01	23,05	17,68	6,14							
	19	26,87	17,23	25,83	14,17	5,80							
	20	25,85	19,43	23,07	15,62	5,73							
	21	26,21	17,85	26,19	16,02	5,09							
	22	26,44	20,16	25,98	14,69	5,69							
	23	27,54	17,83	23,37	14,86	4,39							
	24	25,96	15,84	25,79	15,13	6,43							
	25	26,30	18,74	26,77	16,37	6,25							
RESUMEN													
<b>TO TOTAL</b>		668,1	461,2	622,2	393,3	138,6							
<b>FC %</b>		100%	100%	100%	100%	100%							
<b>TN TOTAL</b>		668,1	461,2	622,2	393,3	138,6							
<b>OBSERVACIONES</b>		25	25	25	25	25							
<b>TN PROMEDIO</b>		26,7	18,4	24,9	15,7	5,5							
<b>% SUPLEMENTOS</b>		13%	13%	13%	13%	13%							
<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>		30,20	20,85	28,12	17,77	6,26							
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL DE LA OPERACIÓN										103,20			
ELEMENTOS EXTRAÑOS				VERIFICACIÓN DE TIEMPOS				RESUMEN SUPLEMENTOS					
DESCRIPCIÓN	TO	TC2	TC1	SIM	TIEMPO INICIO		NECESIDADES PERSONALES	5%					
					TIEMPO FINALIZACIÓN		FATIGA BASICA	4%					
					TIEMPO TRANSCURRIDO		FATIGA VARIABLE	4%					
					TIEMPO ANTES DEL ESTUDIO		ESPECIAL	0%					
					TIEMPO DESPUÉS DEL ESTUDIO		% SUPLEMENTO TOTAL	13%					

## ANEXO J. TABLA DE ITERACIONES DE BALANCE DE OPERACIONES

Actividades	Precedencia	TIEMPO DISPONIBLE X CASA			Tiempo de ciclo requerido	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311
		Tecnología	V máx/op (casa/min)	Tiempo estándar (min/casa)	Tiempo de ciclo según recursos	393,108	299,446	196,554	184,328	158,026	149,723	132,453
Preparación de moldes	4a	M	0,0054	184,33	61,44	2	2	2	2	4	4	4
Carga de piedra	1a	M	0,0092	108,84	54,42	1	1	1	1	1	1	1
Carga de arena	1b	M	0,0169	59,02	59,02	1	1	1	1	1	1	1
Mezclado	2	S	0,0075	132,45	66,23	3	3	3	3	3	3	3
Carga de mezcla	3	M	0,0087	114,31	57,16	1	1	1	1	1	1	1
Transporte de mezcla	4b	M	0,0025	393,11	65,52	1	2	2	3	3	3	3
Hormigonado	5	M	0,0033	299,45	59,89	1	1	2	2	2	2	3
Acabado	6	M	0,0063	158,03	52,68	1	1	1	1	1	2	2
<b>1.449,53</b>												
<b>TOTAL PERSONAS</b>						11	12	13	14	16	17	18
<b>TOTAL MIN/UND PERMITIDOS</b>						4324,19	3593,35	2555,20	2580,59	2528,41	2545,29	2384,16
<b>PORCENTAJE UTILIZACIÓN</b>						34%	40%	57%	56%	57%	57%	61%

ALTERNATIVAS	A	B	C	D	E	F	G
CASAS/MES	33	43	65	70	81	86	97
SUELDO (aprox)	\$527,19	\$524,44	\$533,28	\$530,49	\$525,95	\$528,35	\$534,52
No. PERSONAS	11	12	13	14	16	17	18
TOTAL SUELDO	\$ 5.799,09	\$ 6.293,31	\$ 6.932,60	\$ 7.426,82	\$ 8.415,26	\$ 8.982,01	\$ 9.621,30
DÓLARES/UNID	\$177,24	\$146,52	\$105,94	\$106,43	\$103,39	\$104,56	\$99,08

Actividades	Precedencia	TIEMPO DISPONIBLE X CASA			Tiempo de ciclo requerido	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311
		Tecnología	V máx/op (casa/min)	Tiempo estándar (min/casa)	Tiempo de ciclo según recursos	131,036	114,310	108,836	99,815	98,277	92,164
Preparación de moldes	4a	M	0,0054	184,33	61,44	4	4	4	4	4	4
Carga de piedra	1a	M	0,0092	108,84	54,42	1	1	1	2	2	2
Carga de arena	1b	M	0,0169	59,02	59,02	1	1	1	1	1	1
Mezclado	2	S	0,0075	132,45	66,23	6	6	6	6	6	6
Carga de mezcla	3	M	0,0087	114,31	57,16	1	1	2	2	2	2
Transporte de mezcla	4b	M	0,0025	393,11	65,52	3	4	4	4	4	5
Hormigonado	5	M	0,0033	299,45	59,89	3	3	3	3	4	4
Acabado	6	M	0,0063	158,03	52,68	2	2	2	2	2	2
<b>1.449,53</b>											
<b>TOTAL PERSONAS</b>						21	22	23	24	25	26
<b>TOTAL MIN/UND PERMITIDOS</b>						2751,76	2514,82	2503,22	2395,57	2456,93	2396,26
<b>PORCENTAJE UTILIZACIÓN</b>						53%	58%	58%	61%	59%	60%

ALTERNATIVAS	H	I	J	K	L	M
CASAS/MES	98	113	118	129	131	140
SUELDO (aprox)	\$535,67	\$533,78	\$532,06	\$530,49	\$534,84	\$533,28
No. PERSONAS	21	22	23	24	25	26
TOTAL SUELDO	\$ 11.249,03	\$ 11.743,25	\$ 12.237,47	\$ 12.731,69	\$ 13.370,98	\$ 13.865,20
DÓLARES/UNID	\$114,60	\$104,37	\$103,55	\$98,80	\$102,16	\$99,35



Actividades	Precedencia	TIEMPO DISPONIBLE X CASA			Tiempo de ciclo requerido	64,311	64,311	64,311	64,311	64,311	66,688
		Tecnología	V máx/op (casa/min)	Tiempo estándar (min/casa)	Tiempo de ciclo según recursos	79,013	78,622	74,861	66,227	61,443	66,227
Preparación de moldes	4a	M	0,0054	184,33	61,44	6	6	6	6	6	6
Carga de piedra	1a	M	0,0092	108,84	54,42	2	2	2	2	2	2
Carga de arena	1b	M	0,0169	59,02	59,02	1	1	1	1	1	1
Mezclado	2	S	0,0075	132,45	66,23	6	6	6	6	9	6
Carga de mezcla	3	M	0,0087	114,31	57,16	2	2	2	2	3	2
Transporte de mezcla	4b	M	0,0025	393,11	65,52	5	5	6	6	7	6
Hormigonado	5	M	0,0033	299,45	59,89	4	4	4	5	5	5
Acabado	6	M	0,0063	158,03	52,68	2	3	3	3	3	3
<b>1.449,53</b>											
<b>TOTAL PERSONAS</b>						28	29	30	31	36	31
<b>TOTAL MIN/UND PERMITIDOS</b>						2212,36	2280,03	2245,84	2053,03	2211,93	2053,03
<b>PORCENTAJE UTILIZACIÓN</b>						66%	64%	65%	71%	66%	71%

ALTERNATIVAS	N	O	P	Q	R	S
CASAS/MES	163	164	172	194	209	209
SUELDO (aprox)	\$530,49	\$531,74	\$530,49	\$534,00	\$532,50	\$583,47
No. PERSONAS	28	29	30	31	36	31
TOTAL SUELDO	\$ 14.853,64	\$ 15.420,39	\$ 15.914,61	\$ 16.553,90	\$ 19.170,07	\$ 18.087,68
DÓLARES/UNID	\$91,25	\$94,26	\$92,63	\$85,24	\$91,58	\$86,36

## ANEXO K: DETALLE DE PAGO A PERSONAL DE PRODUCCIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN

SUELDO BÁSICO + HORAS EXTRA		
CARGO	SUELDO BÁSICO	HORAS EXTRA
Armador de moldes	\$ 240,00	\$ 121,36
Paleador de agregados	\$ 240,00	\$ 121,36
Oficial de mezclado	\$ 240,00	\$ 121,36
Maestro de mezclado	\$ 320,00	\$ 161,82
Paleador de mezcla	\$ 240,00	\$ 121,36
Transportador de mezcla	\$ 240,00	\$ 121,36
Maestro de hormigonado	\$ 320,00	\$ 161,82
Maestro de acabado	\$ 280,00	\$ 141,59
Estibador de paneles	\$ 271,70	\$ 137,39

SUELDO TOTAL			
CARGO	SUELDO LÍQUIDO	BENEFICIOS SOCIALES	SUELDO TOTAL
Armador de moldes	\$ 327,57	\$ 172,98	\$ 500,55
Paleador de agregados	\$ 327,57	\$ 172,98	\$ 500,55
Oficial de mezclado	\$ 327,57	\$ 172,98	\$ 500,55
Maestro de mezclado	\$ 436,77	\$ 223,97	\$ 660,74
Paleador de mezcla	\$ 327,57	\$ 172,98	\$ 500,55
Transportador de mezcla	\$ 327,57	\$ 172,98	\$ 500,55
Maestro de hormigonado	\$ 436,77	\$ 223,97	\$ 660,74
Maestro de acabado	\$ 382,17	\$ 198,47	\$ 580,64
Estibador de paneles	\$ 370,84	\$ 193,18	\$ 564,02

DETALLE DE BENEFICIOS SOCIALES								
CARGO	FONDO DE RESERVA	VACACIONES	13° SUELDO	14° SUELDO	APORTE DEL TRABAJADOR	APORTE DEL PATRONO	IECE	SECAP
Armador de moldes	\$ 30,11	\$ 15,06	\$ 30,11	\$ 20,00	\$ 33,79	\$ 40,29	\$ 1,81	\$ 1,81
Paleador de agregados	\$ 30,11	\$ 15,06	\$ 30,11	\$ 20,00	\$ 33,79	\$ 40,29	\$ 1,81	\$ 1,81
Oficial de mezclado	\$ 30,11	\$ 15,06	\$ 30,11	\$ 20,00	\$ 33,79	\$ 40,29	\$ 1,81	\$ 1,81
Maestro de mezclado	\$ 40,15	\$ 20,08	\$ 40,15	\$ 20,00	\$ 45,05	\$ 53,72	\$ 2,41	\$ 2,41
Paleador de mezcla	\$ 30,11	\$ 15,06	\$ 30,11	\$ 20,00	\$ 33,79	\$ 40,29	\$ 1,81	\$ 1,81
Transportador de mezcla	\$ 30,11	\$ 15,06	\$ 30,11	\$ 20,00	\$ 33,79	\$ 40,29	\$ 1,81	\$ 1,81
Maestro de hormigonado	\$ 40,15	\$ 20,08	\$ 40,15	\$ 20,00	\$ 45,05	\$ 53,72	\$ 2,41	\$ 2,41
Maestro de acabado	\$ 35,13	\$ 17,57	\$ 35,13	\$ 20,00	\$ 39,42	\$ 47,01	\$ 2,11	\$ 2,11
Estibador de paneles	\$ 34,09	\$ 17,05	\$ 34,09	\$ 20,00	\$ 38,25	\$ 45,61	\$ 2,05	\$ 2,05

## ANEXO L: DETALLE DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

<b>COSTO PERSONAL ADMINISTRATIVO VINCULADO A PRODUCCIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN</b>				
<b>CARGO</b>	<b>PERSONAS</b>	<b>% CONTRIBUCIÓN AL SUELDO TOTAL*</b>	<b>SUELDO TOTAL</b>	<b>SUELDO PROVISTO POR PANELES DE HORMIGÓN</b>
GERENTE GENERAL	1	25%	\$ 6.669,17	\$ 1.667,29
GERENTE DE OPERACIONES	1	25%	\$ 3.344,58	\$ 836,15
GERENTE ADMINISTRATIVO	1	25%	\$ 3.344,58	\$ 836,15
ASISTENTE ADMINISTRATIVO	1	25%	\$ 618,43	\$ 154,61
JEFE DE PRODUCCIÓN PANELES	1	100%	\$ 1.682,29	\$ 1.682,29
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	1	100%	\$ 817,90	\$ 817,90
BODEGUERO	1	100%	\$ 551,93	\$ 551,93
GUARDIAN	1	100%	\$ 551,93	\$ 551,93
<b>TOTAL MES</b>	<b>8</b>			<b>\$ 7.098,25</b>

\* SE ASIGNÓ UN PORCENTAJE EN FUNCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DEL PROYECTO AL SUELDO TOTAL CONSIDERANDO TODO EL PROYECTO DE CASAS

<b>COSTO PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>	\$ 7.098,25
<b>CASAS ESTIMADAS MES</b>	209
<b>COSTO PERSONAL ADMINISTRATIVO UNITARIO</b>	\$ 33,96

<b>COSTO MATERIALES INDIRECTOS EN PRODUCCIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>GALONES POR CASA</b>	<b>COSTO UNITARIO DE MATERIAL</b>	<b>COSTO TOTAL POR CASA</b>
DESMOLDANTE	5,00	\$ 0,98	\$ 4,90
PINTURA	0,25	\$ 3,25	\$ 0,81
<b>TOTAL POR CASA</b>			<b>\$ 5,71</b>



<b>COSTO SERVICIOS BÁSICOS EN PRODUCCIÓN DE PANELES DE HORMIGÓN</b>		
<b>RUBRO</b>	<b>ESTIMADO MENSUAL</b>	<b>COSTO POR CASA</b>
Electricidad	\$ 600,00	\$ 2,88
Agua	\$ 500,00	\$ 2,40
Internet	\$ 100,00	\$ 0,48
Celular	\$ 150,00	\$ 0,72
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.350,00</b>	<b>\$ 6,75</b>

<b>TABLA DE AMORTIZACIÓN DE DEUDA DE PRÉSTAMO EJECUTADO</b>							
<b>Nº MES</b>	<b>TIPO DE INTERÉS</b>	<b>CUOTA MENSUAL</b>	<b>AMORTIZADO AL CAPITAL</b>	<b>INTERESES</b>	<b>CAPITAL PENDIENTE</b>	<b>CASAS PRODUCIDAS</b>	<b>VALOR POR CASA</b>
0		\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100.000,00	-	\$ -
1	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.598,66	\$ 1.250,00	\$ 96.401,34	209	\$ 23,20
2	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.643,64	\$ 1.205,02	\$ 92.757,70	209	\$ 23,20
3	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.689,19	\$ 1.159,47	\$ 89.068,51	209	\$ 23,20
4	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.735,30	\$ 1.113,36	\$ 85.333,21	209	\$ 23,20
5	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.781,99	\$ 1.066,67	\$ 81.551,22	209	\$ 23,20
6	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.829,27	\$ 1.019,39	\$ 77.721,95	209	\$ 23,20
7	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.877,14	\$ 971,52	\$ 73.844,81	209	\$ 23,20
8	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.925,60	\$ 923,06	\$ 69.919,21	209	\$ 23,20
9	15%	\$ 4.848,66	\$ 3.974,67	\$ 873,99	\$ 65.944,54	209	\$ 23,20
10	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.024,35	\$ 824,31	\$ 61.920,19	209	\$ 23,20
11	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.074,66	\$ 774,00	\$ 57.845,53	209	\$ 23,20
12	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.125,59	\$ 723,07	\$ 53.719,94	209	\$ 23,20
13	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.177,16	\$ 671,50	\$ 49.542,78	209	\$ 23,20
14	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.229,38	\$ 619,28	\$ 45.313,40	209	\$ 23,20
15	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.282,24	\$ 566,42	\$ 41.031,16	209	\$ 23,20
16	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.335,77	\$ 512,89	\$ 36.695,39	209	\$ 23,20
17	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.389,97	\$ 458,69	\$ 32.305,42	209	\$ 23,20
18	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.444,84	\$ 403,82	\$ 27.860,58	209	\$ 23,20
19	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.500,40	\$ 348,26	\$ 23.360,18	209	\$ 23,20
20	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.556,66	\$ 292,00	\$ 18.803,52	209	\$ 23,20
21	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.613,62	\$ 235,04	\$ 14.189,90	209	\$ 23,20
22	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.671,29	\$ 177,37	\$ 9.518,61	209	\$ 23,20
23	15%	\$ 4.848,66	\$ 4.729,68	\$ 118,98	\$ 4.788,93	209	\$ 23,20
24	15%	\$ 4.848,93	\$ 4.788,93	\$ 59,86	\$ -	209	\$ 23,20

# BIBLIOGRAFÍA

(1) Niebel Benjamin – Freivalds Andis, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Alfaomega Grupo Editor, México, 2004.

(2) Rodríguez Zurita Denisse, Dispositivas clase de Ingeniería de Métodos, ESPOL, Ecuador, 2006

(3) Águila Soto Antonio, Procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales.

[www.cepis.opsoms.org/bvsacd/cd49/aguilasoto.pdf](http://www.cepis.opsoms.org/bvsacd/cd49/aguilasoto.pdf)

(4) Rodríguez Zurita Denisse, Dispositivas clase de Ergonomía, ESPOL, Ecuador, 2006

(5) Nogareda Silvia – Canosa María del Mar, NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH.

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_477.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_477.pdf)

- (6) Chase Richards – Jacobs Robert – Aquilano Nicholas, Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, McGraw-Hill Interamericana, México, 2005.
- (7) Sule Dileep, Instalaciones de Manufactura, Thomson Editores, México, 2001.
- (8) Universidad Nacional de Colombia, Tutorial para el modelado de sistemas de manufactura con Promodel, Bogotá, 2004.  
  
<http://www.unal.edu.co/salacam/tutorialpromodel/index.htm>
- (9) Lavanda Diana, Evaluación económica y financiera del proyecto de ampliación de la textil San Cristóbal S.A.  
  
<http://www.monografias.com/trabajos26/proyecto-ampliacion/proyecto-ampliacion.shtml>
- (10) UNE 12464-1, Normativa europea sobre iluminación para interiores.
- (11) Análisis de sensibilidad de proyectos de inversión.  
  
<http://www.gilbertorojas.co.cc/index35.html> (Enero/2010)
- (12) Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Subsecretaría de Vivienda  
  
<http://www.miduvi.gov.ec/Default.aspx?tabid=62> (Enero/2010)
- (13) National Ready Mixed Concrete Association, discrepancias con el rendimiento  
  
<http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP8es.pdf> (Enero/2010)
- (14) Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional, respuestas de ergonomía a trabajo con palas  
  
<http://www.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics/shovel.html> (Enero/2010)