



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD PARA FAENAS
DE MOLDAJES EN OBRAS DE EDIFICACIÓN Y MONTAJE INDUSTRIAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ALEJANDRO ANDRES MUÑOZ JOO

PROFESOR GUÍA:
HÉCTOR ALEXIS HIDALGO APABLAZA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CARLOS NOLASCO AGUILERA GUTIÉRREZ
CLAUDIA ANDREA GARCÍA VILLANELO

SANTIAGO DE CHILE
MAYO 2007

Agradecimientos

A mis padres Luís y Teresita, por todo lo entregado a lo largo de estos años.

A mis hermanas Carolina y María Paz, por el cariño entregado.

A mi abuelita Olivia, por el cariño y por estar siempre cerca.

A Loreto, por el cariño y la paciencia...

A mis amigos Christian y Gonzalo, fiel compañía durante estos años. A Mauricio, Agustín, José Pablo, Samuel y todos quienes hicieron de estos años en la Universidad algo bueno de recordar.

A mis profesores de la Comisión de Titulación, a Don Carlos Aguilera y Don Héctor Hidalgo, por el tiempo y los consejos.

A la Empresa SalfaCorp. por el apoyo entregado.

A mis tutores en la empresa, a Fernando Concha y Claudia García, por el tiempo y los consejos.

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: ALEJANDRO MUÑOZ JOO.
FECHA: 22/05/2007
PROF. GUIA: Sr. HECTOR HIDALGO APABLAZA

“ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD PARA FAENAS DE MOLDAJES EN
OBRAS DE EDIFICACIÓN Y MONTAJE INDUSTRIAL”

El objetivo general del presente trabajo de título es obtener mejoras en operaciones y distribución de personal logrando mejoras en el uso del tiempo, identificando procesos de bajo aporte contributivo de modo de aumentar la productividad, reduciendo costos y plazos. Para lo anterior se propone y aplica un sistema de obtención de datos y mediante el análisis de estos, es posible medir el nivel de actividad del recurso humano, con lo cual se puede identificar el tiempo destinado a trabajo productivo, a trabajo contributivo y a trabajo no contributivo y así identificar y proponer mejoras para las principales razones de improductividad.

Para lograr mejoras en la productividad a nivel general en un proyecto constructivo, se debe considerar que las faenas de obra gruesa son las que controlan los avances y dentro de esta son determinantes las faenas de moldaje. En los proyectos de la Empresa estudiada, son estos los que determinan dichos avances, por lo cual el estudio está centrado en estas faenas. Al producir mejoras en esta rama, se estará aumentando la productividad no tan sólo en los moldajes, si no que en la productividad global de la obra.

La obtención de datos para su posterior análisis se realizó en la visita a cuatro proyectos constructivos de interés, dos de carácter industrial ubicados en el norte del país, uno de carácter constructivo en el sur y uno de carácter habitacional en la zona central.

Con el análisis de la información recolectada, se muestra gráficamente la distribución del tiempo por parte de los trabajadores de las cuadrillas de moldaje, con lo que es posible identificar las principales falencias en cada proyecto estudiado y de este modo tomar decisiones para mejoras tanto a largo como a corto plazo. Se ha generado un catastro con las causas frecuentes de improductividad y se sugieren algunas soluciones. Además se propone la creación de una base de datos que contenga cuadrillas típicas dependiendo de los diferentes factores que determinan su composición y la internalización del sistema de medición por parte de la empresa, como una medida de autocontrol y mejora permanente.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCION	7
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>7</i>
<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>8</i>
<i>OBJETIVOS GENERALES.....</i>	<i>8</i>
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	<i>8</i>
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES	9
<i>DETERMINANTE EN EL AVANCE</i>	<i>9</i>
<i>CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD.....</i>	<i>10</i>
<i>RELACIÓN CON LA EMPRESA DURANTE EL ESTUDIO</i>	<i>11</i>
<i>MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD DEL RECURSO HUMANO.....</i>	<i>11</i>
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>12</i>
<i>TRABAJO PRODUCTIVO:</i>	<i>15</i>
<i>TRABAJO CONTRIBUTIVO:</i>	<i>18</i>
<i>TRABAJOS NO CONTRIBUTIVOS:</i>	<i>18</i>
<i>OPTIMOS PROPUESTOS POR EL SPG</i>	<i>20</i>
<i>PRECIOS UNITARIOS</i>	<i>21</i>
<i>SISTEMAS DE MOLDAJES EMPLEADOS POR CUADRILLAS ANALIZADAS</i>	<i>25</i>
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	27
<i>METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</i>	<i>27</i>
<i>PLANILLA PARA TOMA DE DATOS.....</i>	<i>28</i>
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE DATOS, MUESTRA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
<i>PROYECTO I. EDIFICACIÓN HABITACIONAL.....</i>	<i>31</i>
<i>PROYECTO II. MONTAJE INDUSTRIAL</i>	<i>35</i>
<i>PROYECTO III. OBRA INDUSTRIAL</i>	<i>54</i>
<i>PROYECTO IV. CONSTRUCCIÓN.....</i>	<i>64</i>
CAPITULO 5: COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
<i>CAUSAS FRECUENTES DE IMPRODUCTIVIDAD.....</i>	<i>71</i>
<i>DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA – EFECTO)</i>	<i>75</i>
<i>COMENTARIOS FINALES.....</i>	<i>81</i>
TABLA DE IMAGENES.....	76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

ANEXO I ¡Error! Marcador no definido.

SISTEMAS DE MOLDAJE USADOS, EN CUADRILLAS CONTROLADAS¡Error! Marcador no definido.

ANEXO II ¡Error! Marcador no definido.

GRÁFICOS PROYECTO I¡Error! Marcador no definido.

ANEXO III ¡Error! Marcador no definido.

GRÁFICOS PROYECTO II¡Error! Marcador no definido.

ANEXO IV ¡Error! Marcador no definido.

GRÁFICOS PROYECTO III¡Error! Marcador no definido.

ANEXO V ¡Error! Marcador no definido.

GRÁFICOS PROYECTO IV¡Error! Marcador no definido.

ANEXO VI ¡Error! Marcador no definido.

VALIDACIÓN ESTADÍSTICA¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

Nuevos proyectos, son la tónica permanente en la construcción de grandes obras que abarcan el área minera, industrial, comercial y habitacional. La creciente tecnología ha permitido que la eficacia en el hacer, sea más óptima, ante los permanentes desafíos de Productividad y Calidad. Sin embargo, existen factores ajenos a la tecnología de punta, no previsible en la inmediatez, que no contribuyen a obtener eficiencia en las labores encomendadas y es por esa razón que las Empresas destinan variados recursos y promueven estudios detallados de cada una de las ramas que componen una obra en construcción.

Ciertamente que el éxito de una obra de gran envergadura está sujeta a un conjunto de elementos que la componen y permiten su ejecución, a nombrar: datos teóricos, implementos técnicos, materiales de construcción, tecnología y mano de obra, entre otros. Es esta última, la mano de obra, una fracción importante del trabajo realizado y de la cual depende en gran parte la productividad y calidad. Es por eso que se hace necesario conocer las características de estos grupos, denominados cuadrilla de trabajadores, en cuanto a organización, liderazgo, conocimiento de la actividad y de manera especial, compromiso con la Empresa, pues de eso dependerán en gran medida los avances de una obra. Es importante señalar que la destinación de recursos en estos proyectos mineros, industriales, comerciales y habitacionales es cuantiosa. Por tanto es imperioso cautelar las probables deficiencias humanas que puedan presentarse.

El presente trabajo consistió en la revisión en terreno de faenas de moldaje de losas bajas y en altura, de muros industriales y habitacionales, de fundación de estanques circulares, de pedestales con pernos de anclaje y vigas de grandes dimensiones, las que fueron instaladas por cuadrillas de trabajadores, que variaban en organización, número y especialización.

La observación directa y el contacto personal con grupos heterogéneos de cuadrillas de trabajadores en variadas obras en distintas regiones del país, permitieron visualizar aciertos y desaciertos, virtudes y defectos, costumbres viciadas, a veces, producto de errores por parte de la jefatura al no prever situaciones posibles de ocurrir. Estas observaciones rigurosamente llevadas a cabo y compiladas a la luz de gráficos de diversos tipos, constituyen el grueso de este estudio.

Finalmente, el acopio de información, transformados en mediciones gráficas objetivas, brinda la posibilidad de proponer soluciones y dar sugerencias frente a algunas situaciones particulares y otras generales, para así, cautelar tiempo y costos para eventuales o futuros proyectos.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

1. Obtener mejoras en operaciones y distribución de personal en faenas de moldaje, logrando mejoras en el uso del tiempo, identificando procesos de bajo aporte contributivo, de modo de aumentar la Productividad, reduciendo costos y plazos.

Objetivos Específicos

1. Mejorar Productividad y Calidad, identificando y reduciendo pérdidas en los procesos vinculados al moldaje.
2. Crear un sistema de toma de datos que permita identificar el nivel de productividad en determinadas faenas en una determinada fecha.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES

DETERMINANTE EN EL AVANCE

¿Por qué las faenas de moldaje son las actividades que determinan el avance en las faenas constructivas?

Intentar dar una respuesta rápida y directa de una actividad que tiene diversos puntos de observación no es fácil, ya que esta varía de acuerdo al tipo de obra. Pero sin dudas, ya sea en edificios o construcciones industriales, las faenas de obra gruesa son las que controlan los avances dentro de la obra. Dentro de ésta, las faenas o actividades de moldaje juegan un factor preponderante en la productividad general de una construcción.

La gran demanda de hormigón en los últimos años, gracias a la gran cantidad de proyectos en construcción, ha desarrollado una excelente calidad en el suministro de este material. Teniendo las cantidades solicitadas en las horas señaladas y a precios competitivos, solo se requiere de una buena planificación, a fin de recibir dicho material cuando corresponda, es decir, cuando haya cancha para el hormigón y disponibilidad de grúa o bomba, según corresponda. Cosa similar ocurre con el insumo fierro. Una óptima organización permite disponer de los volúmenes requeridos, en las fechas solicitadas y a precios competitivos. Respecto a moldajes, si bien es cierto, existen varias empresas que proveen estos recursos, se trata de un insumo de elevado valor y de variados tipos, dependiendo del uso que se le pretenda dar. Es por ello que además de una buena planificación se debe considerar: la reutilización, historial de uso, tipo de moldaje, disponibilidad de elementos necesarios para la instalación del moldaje escogido y circulación dentro de obras extensas, sin duda una mala administración de éste repercutirá en pérdidas considerables dentro de la obra. Lo anterior apunta a crear una unidad especializada en moldaje sobre todo cuando el recurso se utilizará en obras industriales, donde no hay ciclos repetitivos como en los edificios habitacionales, sino más bien se trata de estructuras únicas y en ocasiones de gran complejidad, en las cuales la elección de un tipo y uso que se le dé al moldaje terminan siendo fundamentales en la obtención de buenos resultados.

CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD

Podemos definir productividad¹ como una medición de la eficiencia con lo que los recursos son administrados para completar un producto específico dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. La productividad comprende tanto eficiencia² como una adecuada ejecución, ya que los resultados o cantidades producidas están regidas por condiciones de calidad internas de la empresa.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

Para lograr un aumento en la productividad se requiere que todos los niveles de la organización aporten a ella, tanto en su accionar interno como en su interacción con el entorno, estos deben proveer las condiciones y recursos para que los grupos de trabajo puedan llevar a cabo sus tareas de manera eficiente. A su vez, los grupos de trabajo, en su conformación y dirección deben aportar a cada uno de los individuos que lo conforman las condiciones y recursos para permitirles lograr una alta productividad. Finalmente los individuos aportan sus habilidades y aptitudes para obtener un buen desempeño en sus tareas específicas.

Al producir mejoras que repercuten en el aumento de la productividad de faenas particulares de una obra constructiva, se está contribuyendo a un aumento global en la productividad.

La productividad está asociada a un proceso de transformación. A este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio, y posteriormente, a través del proceso, se obtienen un producto o un servicio cumplido. En la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son los siguientes³: Los materiales, la mano de Obra, la maquinaria y equipos

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

1.- Productividad de los materiales: En la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.

1 Productividad en obras de construcción habitacional 2002.

2 Eficiencia proviene del latín *efficientia* que en español quiere decir, acción, fuerza, producción. Eficiencia se puede definir como la capacidad administrativa de producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos, el mínimo de energía y en el mínimo de tiempo posible.

3 Administración de operaciones de construcción.

2.- Productividad de la mano de obra: Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos.

3.- Productividad de la maquinaria: Este factor es importante por el alto costo de los equipos siendo, por lo tanto, muy relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

En este trabajo se abordará principalmente la productividad de la mano de obra y sólo se harán algunas menciones respecto a la productividad de materiales y maquinaria. Por lo que una aproximación válida a considerar para la definición de productividad es la siguiente.

$$Pr oductividad = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados} \approx \frac{m^2}{H\ H}$$

RELACIÓN CON LA EMPRESA DURANTE EL ESTUDIO

La interacción del alumno con la empresa SalfaCorp. donde unos de sus rubros importantes es la construcción, nace por el interés manifestado por el alumno hacia unos de los temas que la empresa propuso para desarrollar en forma conjunta. Al alumno se le dio acceso a diferentes proyectos constructivos que estaban en pleno desarrollo, además se le asignó un tutor el cual guiaba a temas de interés y aportaba información. Se visitaron 4 obras en construcción, dos en el norte del País (ambas de carácter Industrial), una en el sur (construcción comercial) y un edificio habitacional en Santiago Centro.

En las visitas se analizaron en detalle los diferentes procesos de preparación, instalación y descimbre de moldajes en edificios habitacionales, en fundaciones de obras mineras, en fundaciones de estanque, en pedestales de fundaciones, en losas, muros y vigas de edificios industriales.

Se tomó una gran cantidad de datos del uso del tiempo y de la composición interna de las cuadrillas.

MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD DEL RECURSO HUMANO

Descripción

⁴El sistema de Información del nivel de actividad, mide la cantidad de tiempo que un trabajador destina a diferentes categorías de trabajo, identificando así focos de problemas, cuya solución permite una racionalización del uso del recurso humano. Las categorías de trabajo son básicamente tres:

1.-Trabajo productivo (TP): Es el tiempo que un trabajador destina a producir alguna unidad de construcción (por ejemplo, m² de moldaje). La categoría de TP se subdivide en clases que se basan en el diagrama de flujo de instalación de moldajes, dicho diagrama se detalla en la siguiente página.

2.-Trabajo contributivo (TC): Corresponde al tiempo dedicado a las labores de apoyo necesarias para que se ejecuten los trabajos productivos. Sin embargo, se destaca que, un exceso de actividades de apoyo implica necesariamente una pérdida para la empresa, por lo que sus índices deben controlarse. La categoría TC se divide en la siguiente clasificación.

Transporte de materiales

Aseo

Instrucción

Otras labores de apoyo (ver descripción)

3.-Trabajo no contributivo (TNC): Cualquier otra actividad que no corresponda a las categorías anteriores y que implica tiempo que no se aprovecha por diferentes causas. Esta categoría de tiempo se divide en la siguiente clasificación.

Viajes (desplazamientos con manos vacías)

Descanso

Esperas (por métodos, esperas por recurso o material)

Trabajo rehecho

No visto

Estos índices generales, comparados con valores estándares, se transforman en una herramienta eficaz para el control de la productividad del recurso humano. Identificando en un horizonte corto de tiempo los sectores problemáticos.

4 Estudio de operaciones y sistemas constructivos de la Obra Parque San Francisco

Si se considera el diagrama de flujo para la instalación de moldajes es posible identificar la siguiente **clasificación** dentro del trabajo productivo.

Diagrama de flujo de instalación de moldajes⁵: Este esquema genérico es el empleado en instalación de moldajes de fundaciones de estanques industriales y en fundaciones y pedestales de faenas industriales.

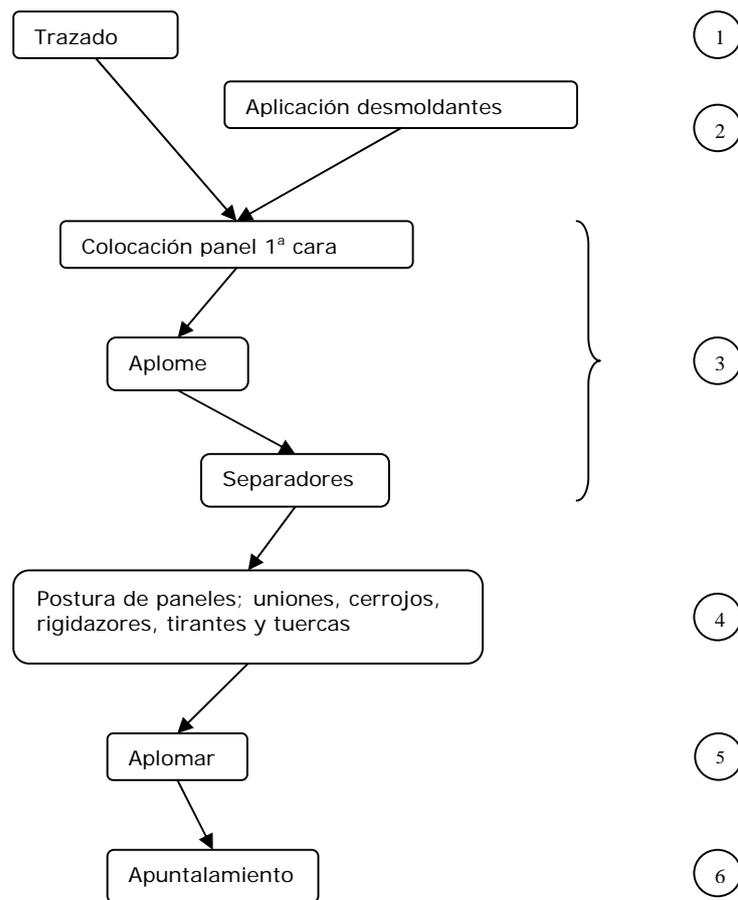


Figura 1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE MANUAL

Para el caso de la instalación de moldajes de muros, tanto en faenas industriales como en edificios habitacionales en altura, existe una pequeña modificación en el diagrama.

⁵ Manual de procedimientos constructivos de IDIEM

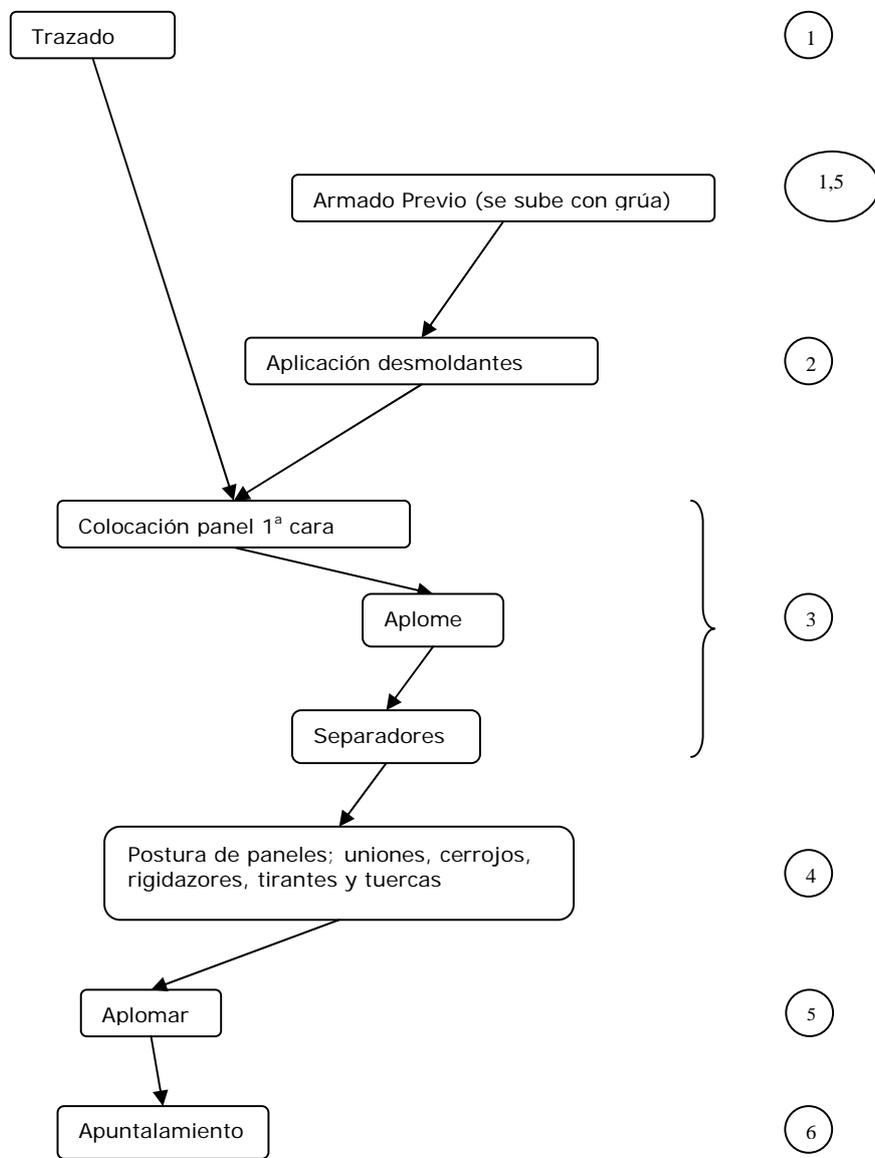


Figura 2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE PESADO

También es importante considerar las faenas de descimbre

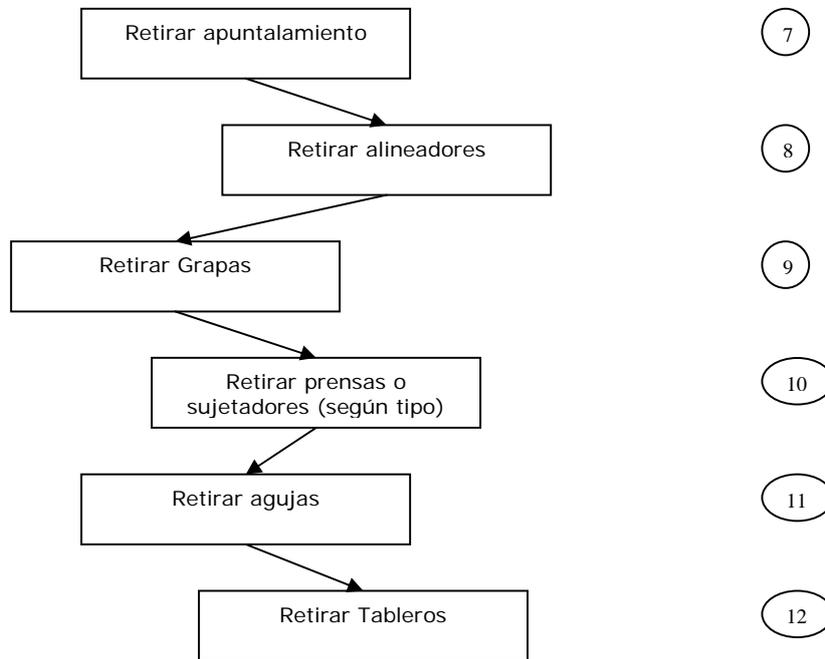


Figura 3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA DESCIMBRE

DESCRIPCIÓN DE CLASIFICACIÓN.

Trabajo Productivo:

(para moldaje de fundaciones de estanques, pedestales y muros)

1.- Trazado: Es el trazado de apoyo, previo al entregado por topografía, es realizado por los maestros de la cuadrilla

1,5.- Armado Previo: En muros de edificios habitacionales y en muros de edificios industriales se suele instalar paneles prearmados en el suelo, los cuales por sus dimensiones de deben instalar con grúa.

2.- Aplicación de desmoldante: Tal como su nombre lo indica es la aplicación de desmoldante previo a la instalación de los paneles, con esto se consigue facilitar labores de descimbre

3.- Colocación 1^{era} cara, aplome y separadores: Por lo general, se suele instalar una cara del muro, la cual es nivelada, aplomada y fijada, posteriormente se ponen "separadores" de PVC por donde atraviesan fierros que unirán ambas caras del muro.

4.- Postura de paneles: considera la postura del panel, los cerrojos que fijaran el panel a otros paneles y al resto de la estructura, rigidadores, tuercas y tirantes que dan estabilidad y firmeza a la estructura de moldaje.

5.- Aplomar: Cada vez que se instala un panel y se fija al resto de la estructura de moldaje, este debe ser aplomado.

6.- Apuntalamiento: Cuando los moldajes del muro están aplomados y fijos, es necesario apuntalar de modo de dar mayor resistencia a la estructura de moldaje.

7.- Descimbre: Constituye todas las actividades mencionadas en el diagrama de flujo de descimbre. No requieren una explicación particular.

La clasificación de trabajo productivo para el caso de instalación de losas se basa en el diagrama de flujo de la página siguiente. Dicho diagrama es bastante detallado y no necesita una descripción de sus niveles.

Para el caso de la instalación de moldajes de losas, tanto en faenas industriales como en edificios habitacionales en altura, dependerá del tipo de moldaje que se utilice. El diagrama de flujo para moldaje típicamente utilizado (edificios habitacionales) es el siguiente.

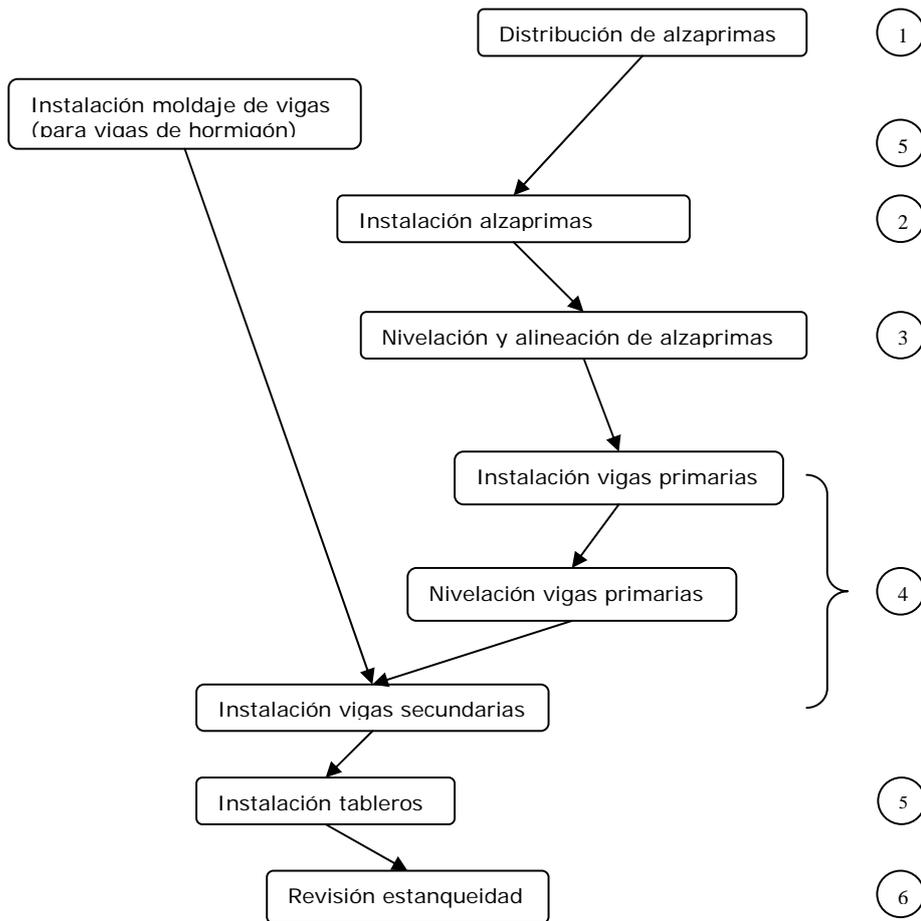


Figura 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE LOSA

Trabajo Contributivo:

- Transporte de materiales: Considera los desplazamientos con materiales requeridos para las instalaciones, no considera los tramos que camina con manos vacías en busca del material.

- Aseo: Considera labores de aseo en el lugar de trabajo, aseo que facilita los movimientos y operaciones de la cuadrilla.

- Instrucciones: En forma periódica el capataz entrega instrucciones de cómo proceder, lo que implica detenciones por parte de los trabajadores. Las instrucciones también pueden provenir de maestros mayores o supervisores.

- Otras labores de apoyo: Considera instalación de cuerdas de vida y pasarelas por bordes exteriores.

- Preparación de materiales: considera cortes de madera a medida, fabricación de pasadas para ductos, aplicación de desmoldante.

Trabajos No Contributivos:

- Viajes: Desplazamiento con manos vacías.

- Descansos: Detenciones producto del agotamiento. Detenciones para tomar agua.

- Esperas: Se generan esperas por método principalmente cuando se trabaja con grúa, ya que los maestros deben esperar que la grúa realice el ciclo completo, el que en ocasiones incluye descimbre. También se generan esperas cuando maestros situados en sectores complicados, como lugares en altura o en excavaciones esperan materiales o instrucciones.

- Trabajo rehecho: Por falta de supervisión, grado de inoperancia o instrucciones incorrectas se debe rehacer trabajo. Cuando se trata de instrucciones erróneas, ya sea por planos equívocos o instrucciones de superiores, se debe hacer la observación en el registro de toma de datos.

- No Visto: Se debe preguntar la ubicación de cada maestro, pero en cuadrillas grandes suele ocurrir que el averiguar la ubicación de algún maestro complica otras mediciones. En algunas obras suele encargarse labores totalmente ajenas a la construcción a algún trabajador, como por ejemplo ir a comprar un refrigerio.

Por razones de simplicidad al momento de tomar datos y por tratarse de un registro manual, las sub-actividades productivas serán agrupadas en la siguiente clasificación.

De 1 a 3 (Trazado, armado previo, desmoldante, separadores) ----- Armado

De 4 a 6 (Postura, uniones, aplome, apuntalamiento) ----- Paneles

De 7 a 12 (Retiro de apuntalamientos, hasta retiro de tableros) ----- Descimbre

En el caso de losas se hace la misma clasificación, agrupando de igual modo las actividades registradas con números en el diagrama de flujo. De 1 a 3 armado, de 4 a 6 paneles (sólo para mantener el mismo nombre de la clasificación) y de 7 a 12 descimbre.

Las categorías y clasificaciones quedan agrupadas de la siguiente manera.

CATEGORIAS		CLASIFICACIÓN	
CODIGO	NOMBRE	CODIGO	NOMBRE
1	TP	1	Armado
		2	Paneles
		3	Descimbre
2	TC	4	Transporte de Materiales
		5	Aseo
		6	Instrucciones
		7	Otras labores de apoyo
		8	Preparación de materiales
3	TNC	9	Viajes (desplazamiento manos vacía)
		10	Descanso
		11	Esperas por método
		12	Trabajo rehecho
		13	No Visto

Figura 5 TABLA DE CATEGORIAS Y CLASIFICACIONES

OPTIMOS PROPUESTOS POR EL SPG⁶

La experiencia Chilena, medida en una cantidad considerable de obras de distinto tipo, en estudios realizados por el Servicio de Productividad y Gestión del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha permitido obtener valores promedios para TP, TC TNC en diferentes tipos de obras.

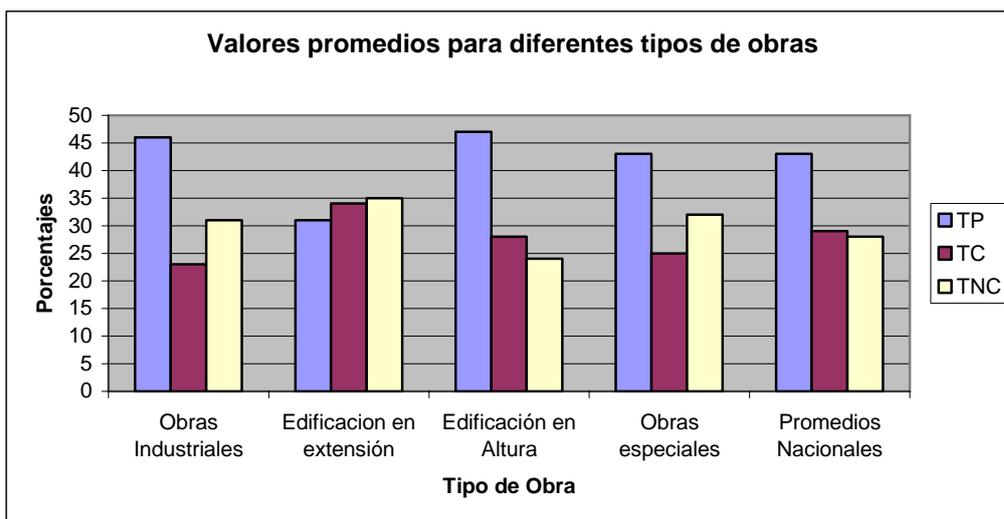


Figura 6 GRÁFICO DE VALORES PROMEDIOS DE TP, TC Y TNC PARA DIFERENTES TIPOS DE OBRAS

Es posible observar que existen grandes diferencias entre los distintos tipos de obra, siendo las obras de edificación en altura las que alcanzan el mejor nivel de trabajo productivo.

En varias obras en que se ha realizado un seguimiento continuo de sus índices de trabajo en las distintas categorías y en las que se han aplicado sistemas de mejoramiento de la productividad, se han logrado valores muy superiores al promedio nacional indicado previamente, con un trabajo productivo de 55% o más, contributivo de 24% y trabajo no contributivo de 15%. Esto ha permitido establecer un conjunto arbitrario de valores óptimos que constituyen una meta general para las obras. Estos son:

Trabajo Productivo: 60%
Trabajo Contributivo: 25%
Trabajo no Contributivo: 15%

⁶ Administración de operaciones de Construcción

PRECIOS UNITARIOS (considerando sólo mano de obra)

Consideremos la siguiente escala de sueldos, la cual solo es representativa y considera aproximaciones en las remuneraciones del personal. Además los sueldos pueden presentar importantes variaciones dependiendo de la región del país en donde se desarrolle el trabajo, ya que los sueldos incluirán mayores o menores bonos dependiendo de la lejanía a oficinas centrales. Otro factor que influye en los sueldos es la complejidad con lo que dependerán del tipo de obra.

También es importante considerar que en algunas cuadrillas observadas presentan diferencias entre maestros, los hay de primera, de segunda y maestro mayor, los cuales se diferencian en antigüedad, grado de experiencia adquirida y sueldo.

ESCALA APROX. DE SUELDOS	
Supervisor	\$ 900.000
Capataz	\$ 650.000
Maestro primera	\$ 444.000
Ayudante	\$ 280.000

Figura 7 ESCALA APROXIMADA DE SUELDOS BRUTOS

El ayudante es un trabajador con conocimientos básicos de las faenas de moldaje, generalmente son destinados a tareas contributivas.

El maestro de primera es un trabajador que tiene experiencia y conoce bien las tareas de moldaje.

El capataz es un trabajador que ha pasado por todos los niveles anteriores de cargos y lleva bastante tiempo desempeñando labores en carpintería, además ha trabajado en numerosas obras y tiene una buena experiencia en diferentes tipos de moldajes. El capataz es la persona que dirige la cuadrilla y tiene a su cargo maestros y ayudantes.

El supervisor es un capataz con mayor experiencia, y tiene a su cargo entre dos y cuatro cuadrillas. Por lo general sus labores son de coordinación y es el nexo entre capataces y profesionales.

El número de trabajadores que posee cada cuadrilla es bastante irregular y es común que cedan o reciban trabajadores para algunas faenas específicas. La cantidad de integrantes tendrá directa relación con la faena que realicen y el tipo de moldaje que utilicen.

Para establecer precios unitarios se consideraran todas las cuadrillas analizadas obteniendo un promedio de número de trabajadores y sueldo de la cuadrilla

TIPO DE OBRA	UBICACIÓN	TIPO DE FAENA	Maestro primera	Ayudante	Capataz	Supervisor	Total trabajadores	SUELDO PONDERADO
Proyecto I	Santiago	Muros	10	2	1	0,5	13,5	\$ 6.100.000
Proyecto II	Norte	Losa	14	0	1	0,5	15,5	\$ 7.316.000
	Norte	Muros	10	1	1	1	13	\$ 6.270.000
	Norte	Vigas	9	1	1	0,5	11,5	\$ 5.376.000
	Norte	Vigas	15	3	1	0,5	19,5	\$ 8.600.000
Proyecto III	Norte	Muros	6	0	1	0,3	7,3	\$ 3.584.000
	Norte	Pedestal	6	2	1	0,3	9,3	\$ 4.144.000
	Norte	Estanque	7	3	1	0,3	11,3	\$ 4.868.000
Proyecto IV	Sur	Losas	12	4	1	0,2	17,2	\$ 7.278.000
	Sur	Losas	11	3	1	0,2	15,2	\$ 6.554.000

Figura 8 COSTO POR FAENAS Y SEGÚN NÚMERO DE INTEGRANTES

Las clasificaciones de trabajos productivos y contributivos se deben valorar con diferente grado de importancia, dado el nivel de aporte que entregan a la faena de moldaje. Para dicha valoración se ha consultado con los profesionales encargados de moldaje, obteniéndose la siguiente valoración.

CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA
Armado	20%
Paneles	15%
Descimbre	15%
Transporte de material	5%
Aseo	5%
Instrucciones	25%
Preparación de materiales	10%
Otras labores de apoyo	5%

Figura 9 TABLA DE IMPORTANCIA POR CLASIFICACIÓN
Ver validación en Anexo VI

Se considerarán los óptimos propuestos por el Servicio de Productividad y Gestión del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica, para aproximar el precio de las actividades no contributivas.

OPTIMOS PROPUESTOS POR SERVICIO DE PRODUCTIVIDAD Y GESTION	
TRABAJO PRODUCTIVO	60%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	25%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	15%

Figura 10 TABLA DE OPTIMOS PROPUESTOS POR SERVICIO DE PRODUCTIVIDAD Y GESTION

COSTO CUADRILLA PROMEDIO	
FAENA	VALOR
Vigas	\$ 6.988.000
Muro	\$ 5.318.000
Pedest., estanq.(manuales)	\$ 6.916.000
Losa	\$ 7.049.333

Con los valores de las tablas anteriores se obtienen los siguientes precios unitarios

MUROS			
COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO			
CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA	\$ MENSUAL	\$ DIARIO
Armado	20%	\$ 904.060	\$ 30.135
Paneles	15%	\$ 678.045	\$ 22.602
Descimbre	15%	\$ 678.045	\$ 22.602
Transporte de material	5%	\$ 226.015	\$ 7.534
Aseo	5%	\$ 226.015	\$ 7.534
Instrucciones	25%	\$ 1.130.075	\$ 37.669
Preparación de materiales	10%	\$ 452.030	\$ 15.068
Otras labores de apoyo	5%	\$ 226.015	\$ 7.534

Figura 11 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, MUROS

VIGAS DE GRANDES DIMENSIONES (aprox. 10x1x0,6 m)			
COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO			
CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA	\$ MENSUAL	\$ DIARIO
Armado	20%	\$ 1.187.960	\$ 39.599
Paneles	15%	\$ 890.970	\$ 29.699
Descimbre	15%	\$ 890.970	\$ 29.699
Transporte de material	5%	\$ 296.990	\$ 9.900
Aseo	5%	\$ 296.990	\$ 9.900
Instrucciones	25%	\$ 1.484.950	\$ 49.498
Preparación de materiales	10%	\$ 593.980	\$ 19.799
Otras labores de apoyo	5%	\$ 296.990	\$ 9.900

LOSAS			
COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO			
CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA	\$ MENSUAL	\$ DIARIO
Armado	20%	\$ 1.198.387	\$ 39.946
Paneles	15%	\$ 898.790	\$ 29.960
Descimbre	15%	\$ 898.790	\$ 29.960
Transporte de material	5%	\$ 299.597	\$ 9.987
Aseo	5%	\$ 299.597	\$ 9.987
Instrucciones	25%	\$ 1.497.983	\$ 49.933
Preparación de materiales	10%	\$ 599.193	\$ 19.973
Otras labores de apoyo	5%	\$ 299.597	\$ 9.987

Figura 12 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, LOSAS

PEDESTALES Y ESTANQUES			
COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO			
CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA	\$ MENSUAL	\$ DIARIO
Armado	20%	\$ 1.175.720	\$ 39.191
Paneles	15%	\$ 881.790	\$ 29.393
Descimbre	15%	\$ 881.790	\$ 29.393
Transporte de material	5%	\$ 293.930	\$ 9.798
Aseo	5%	\$ 293.930	\$ 9.798
Instrucciones	25%	\$ 1.469.650	\$ 48.988
Preparación de materiales	10%	\$ 587.860	\$ 19.595
Otras labores de apoyo	5%	\$ 293.930	\$ 9.798

Figura 13 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, MOLDAJE MANUAL

SISTEMAS DE MOLDAJES EMPLEADOS POR CUADRILLAS ANALIZADAS

Cada profesional encargado de moldaje en las diferentes obras, evalúa y determina el sistema y la empresa proveedora. Para esto debe considerar la nutrida oferta que existe en el mercado, analizando costos de arriendos, costos de transporte, complejidad y experiencia en el sistema escogido, disponibilidad de grúa en caso de ser necesario y relación con el proveedor, lo que repercutirá económicamente en la obra.

Las diferentes faenas usan diferentes sistemas de moldajes, por ejemplo en fundaciones y pedestales suele usarse moldajes de manipulación manual o semimanual, que son más livianos y de menores dimensiones los cuales son instalados sin la ayuda de grúas. Diferentes a lo que se usa en la mayoría de los muros, tanto de obras habitacionales como de obras industriales, en donde es común utilizar moldajes pesados de dimensiones mayores y en algunos muros industriales se utiliza paneles completamente metálicos, los cuales soportan mayores presiones y permiten hormigonados con volúmenes mayores. En el caso de fundaciones de estanques se utilizan moldajes totalmente manuales y que además presentan curvaturas, o moldajes angostos que puestos en forma sucesiva permiten ir dando curva a la estructura.

En las obras visitadas se utilizan los siguientes sistemas de moldajes.

- o En el Proyecto II, en el Norte. Las cuadrillas estudiadas empleaban los siguientes sistemas de moldaje industrial.

Losas	VARIOMAX HUNNEBECK ⁷
Muros y pedestales	RASTO HUNNEBECK
Fundaciones	HAND E-FORMS EFCO ⁸
Estanques	REDI RADIUS y HAND E- FORMS EFCO

- o En la Obra de Construcción, Proyecto IV. Las cuadrillas estudiadas empleaban los siguientes sistemas de moldaje industrial.

Losas	EFCO PRO 4 ⁹
-------	-------------------------

⁷ <http://www.myath.cl/>

⁸ <http://www.efcoforms.com/>

⁹ <http://www.efcoforms.com/SpanVer/home.html>

- o En el Edificio Habitacional, Santiago Centro. Las cuadrillas estudiadas empleaban los siguientes sistemas de moldaje industrial.

Muros PERI TRIO¹⁰

- o En la Obra Industrial, Proyecto III. Las cuadrillas estudiadas empleaban los siguientes sistemas de moldaje industrial.

Losas ID15¹¹

Muros DOMINO DE PERI y TRIO¹²

Para ver detalles de los sistemas de moldaje ver Anexo I.

¹⁰ <http://www.peri.cl/prod2.htm>

¹¹ <http://www.myath.cl/>

¹² <http://www.peri.es/>

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos han sido obtenidos mediante muestreo en las faenas de moldaje. A través de la observación directa se identifican y cuantifican las actividades que llevan a cabo los integrantes de una determinada cuadrilla, de modo de determinar la productividad y el rendimiento mediante el análisis de los datos

El proceso para determinar la productividad se realiza identificando el área en la cual se desenvuelve la cuadrilla, se registran las etapas en que ha sido dividido una determinada faena (sectorización o división que se hace de modo de tener avances ordenados y cíclicos, cuando es posible), se lleva un control de los metros cuadrados realizados durante el día y se identifican la labores realizadas por los integrantes de cada cuadrilla.

Es necesario fichar a los integrantes de cada cuadrilla, verificando su asistencia diaria. Una vez realizado este trabajo básico, se procede a identificar a cada maestro con una marca, número en su casco o bien, otra forma que proponga la obra misma, por ejemplo, observar durante una hora a la cuadrilla, de modo de familiarizarse con los trabajadores e identificarlos individualmente por algún rasgo físico característico, o bien por su vestimenta. Luego preguntar al capataz por los respectivos nombres de cada trabajador y así tener una mejor relación, conocimiento y manejo de la gente que debe realizar labores importantes en cuanto a exactitud y correlación con otras tareas de la obra. Con esta identificación y registro del personal es posible señalar tanto a buenos como malos elementos de una determinada cuadrilla.

Cumplidas estas condiciones se controla y registra periódicamente ciclos de $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{4}$ de hora, dependiendo del tipo de faena que se controla (moldajes en estanque, moldajes de pedestales, moldajes de muros, etc.), además estos ciclos dependerán del tiempo que se emplee en la toma de datos. En el caso de instalación de moldajes de pedestales, fundaciones industriales, estanques industriales y muros de edificios habitacionales se puede obtener datos en periodos de 10 a 15 minutos. Esto se debe a que se trata de actividades bastante rápidas, en las cuales hay una baja dependencia de otras actividades, salvo en casos particulares.

En el caso de losas y muros industriales es necesario tomar datos durante toda una jornada, ya que los procesos constructivos presentan interrupciones, debido a las dependencias de

otras actividades como por ejemplo el uso de grúa, lo que implica reubicaciones de esta y medidas estrictas de seguridad.

Para la recolección de datos se utiliza una planilla, la cual se muestra en la página siguiente. La persona encargada de tomar los datos debe "congelar el tiempo" en el momento de la medición y registrar rápidamente a cada trabajador, una vez que se ha realizado algunas mediciones el encargado de recolectar los datos memorizará los códigos, logrando expertísimo. Para así reducir los errores generados por demoras y cambios de impresión respecto a una faena que desarrolla un trabajador.

Las mediciones deben ser realizadas al inicio de una obra, una vez que las cuadrillas ya están constituidas y funcionando. Con los datos obtenidos es posible tomar decisiones respecto a la composición de la cuadrilla y a actividades específicas de las faenas de moldaje. Pero se debe considerar que las cuadrillas una vez conocidas las faenas aumentarán sus niveles productivos, por lo que mediciones en etapas avanzadas de la obra aportan información valiosa del funcionamiento y evolución de la cuadrilla, que permitirán complementar la información obtenida en etapas iniciales, ampliando la información que será útil en futuras obras similares.

En edificios habitacionales por lo general hay una cuadrilla dedicada a muros y otra a losas, por lo que no es complicado obtener datos generales.

En el caso de obras industriales existen varias cuadrillas que trabajan paralelamente en diferentes frentes, lo que implica bastante tiempo para obtener datos de todas, sumado el hecho que no basta sólo con una medición a una cuadrilla. Por este motivo se deben escoger sólo algunas cuadrillas para controlar. El número de sesiones de evaluación dependerá de las condiciones externas al momento de medirla, por ejemplo: si no se pudo disponer de grúa, su funcionamiento será diferente y de muy bajo rendimiento por lo que será necesario realizar nuevas mediciones. O simplemente cuando ocurre algo inesperado como un accidente o errores en las enfierraduras repercutirán en atrasos e improductividad.

Una vez recopilado los antecedentes, los datos son ingresados a planillas de Excel, de las cuales se obtienen gráficos que al ser analizados y comparados se deduce importante información para ser utilizada a corto y largo plazo.

PLANILLA PARA TOMA DE DATOS

Los códigos del interior de la matriz representan las *categorías y clasificaciones*. La primera columna identifica a cada trabajador (con su rango). La primera fila identifica la hora de la medición, la cual dependerá de la hora de inicio y de la frecuencia determinada.

MAESTRO	8:00	8:30	9:00	18:00	18:30
M 1	1, 2						
M 2							
A 9							

Figura 14 PLANILLA PARA TOMA DE DATOS

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE DATOS, MUESTRA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra en forma gráfica el análisis de los datos recolectados en las visitas a los distintos proyectos. La muestra está separada en cuatro sub-análisis, una para cada obra visitada. A partir de los gráficos se pretende identificar falencias y potenciar virtudes, ya que desglosa detalladamente el uso del tiempo por parte de las cuadrillas, tanto en forma genérica como en forma individual. También se muestran diferencias y similitudes entre faenas y cuadrillas comparables, recolectando información útil para futuros proyectos constructivos.

Se utilizó el sistema de toma de datos expuesto en el capítulo anterior. En algunos proyectos, sobre todo en el de montaje industrial uno de los mayores impedimentos es el identificar al trabajador (necesario para hacer el seguimiento) ya que hay gran número de tareas simultáneas y todos usan las mismas vestimentas, incluso diferentes faenas usan los mismos colores, a esto debemos sumar el factor climático, altas temperaturas, por lo cual muchos trabajadores cubren sus caras por completo. A fin de identificar a cada maestro, previo a la toma de datos, se observó a cada maestro de modo de identificar prendas o detalles particulares, como pañuelos, color de bototos, pelo, etc. individualizándolos para posteriormente pasar a la toma de datos.

PROYECTO I. EDIFICACIÓN HABITACIONAL

En este caso, y comúnmente se debe obtener buen porcentaje de tiempo destinado a trabajo productivo, ya que por lo general los contratos son a trato, es decir, el sueldo de los trabajadores es sobre la base de metros cuadrados instalados. Además, en esos casos se trata de cuadrillas que llevan tiempo trabajando juntos y conocen bien sus labores.

La cuadrilla evaluada está compuesta por 14 trabajadores, 12 maestros carpinteros y 2 ayudantes. Pese a que sus niveles de productividad promedio están cercano a los niveles óptimos de productividad propuestos por SPG¹³, presenta diferencias entre los días evaluados. Esto se debe a la dependencia que existe entre el tipo de moldaje utilizado (peritrio) y la grúa torre.

La disposición de grúa garantiza sobre 200 m² de moldaje instalado, lo que podrá variar dependiendo del grado de irregularidad que presenten los muros.

La grúa toma en el patio de moldaje un conjunto de paneles que han sido prearmados previamente, los cuales son levantados y ubicados donde corresponda cubriendo un muro de grandes dimensiones generando rápidos avances, luego que el panel es ensamblado, la cuadrilla lo instala, luego la grúa desmolda paneles bajándolos hasta el patio y vuelve a repetir el proceso. Se trata de una rutina bastante ágil, generando buenos resultados.

Los problemas aparecen cuando no existe disposición de grúa, ocurre frecuentemente debido a imprevistos los que alteran la planificación del hormigón, lo que genera aglomeraciones de camiones con material. Tal es el nivel de importancia de la grúa, que muchas empresas han optado por disponer mínimo de dos grúas en sus edificios, una para las labores rutinarias y otra para el moldaje, lo que no quiere decir que en ocasiones se privilegien otras actividades por sobre el moldaje, dicha distribución será de acuerdo a lo planificado y plasmado en la Carta Gantt de la obra. En edificios habitacionales, por tratarse de ciclos repetitivos, en que todos o casi todos los pisos son iguales, con el transcurrir de los ciclos las instalaciones se vuelven más rápidas, debido a la experiencia que se va logrando.

¹³

SPG, Sistema de productividad y gestión del DICTUC.

El siguiente gráfico muestra la distribución del uso del tiempo por días

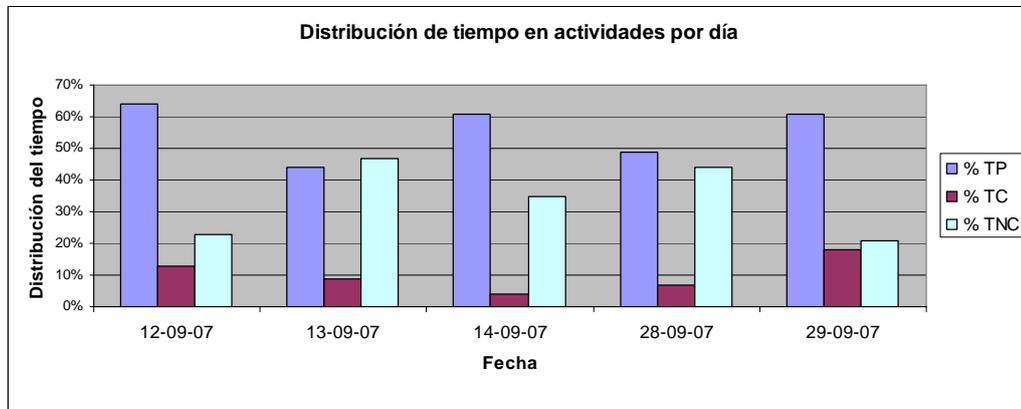


Figura 15 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO POR DÍAS PARA PROYECTO I

En el gráfico es posible observar que hay días en que el TP y TNC son muy similares, esto se debe a que en esos días hubo falta de cancha, debido a la escasez de enfierradores (alta demanda de maestros enfierradores en el sector).

Distribución promedio porcentual de distribución del tiempo en los días evaluados.

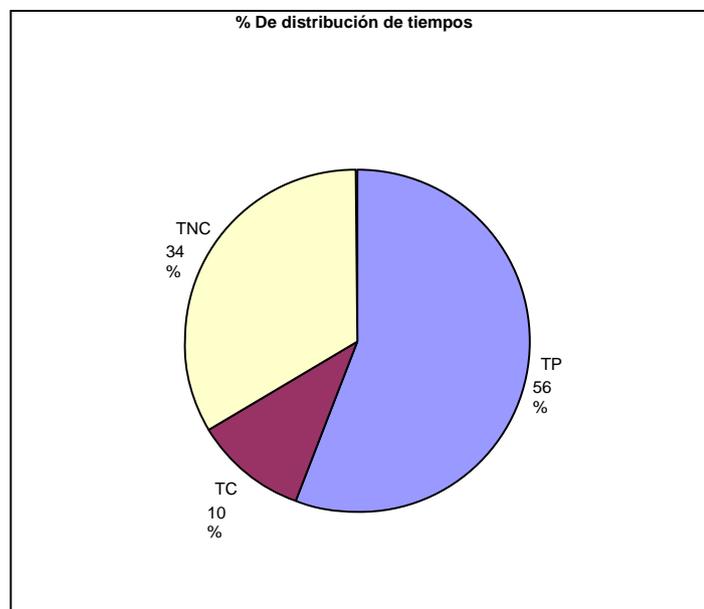


Figura 16 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO EN DÍAS EVALUADOS PARA PROYECTO I

Pese a que el TNC tiene un valor mayor y el TP un valor menor que los óptimos recomendados por el SPG, durante estos días se lograron rendimientos promedios de 0,5 HH/m² y productividades cercanas a los 2 m²/HH valores superiores a los teóricos.

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual promedio en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

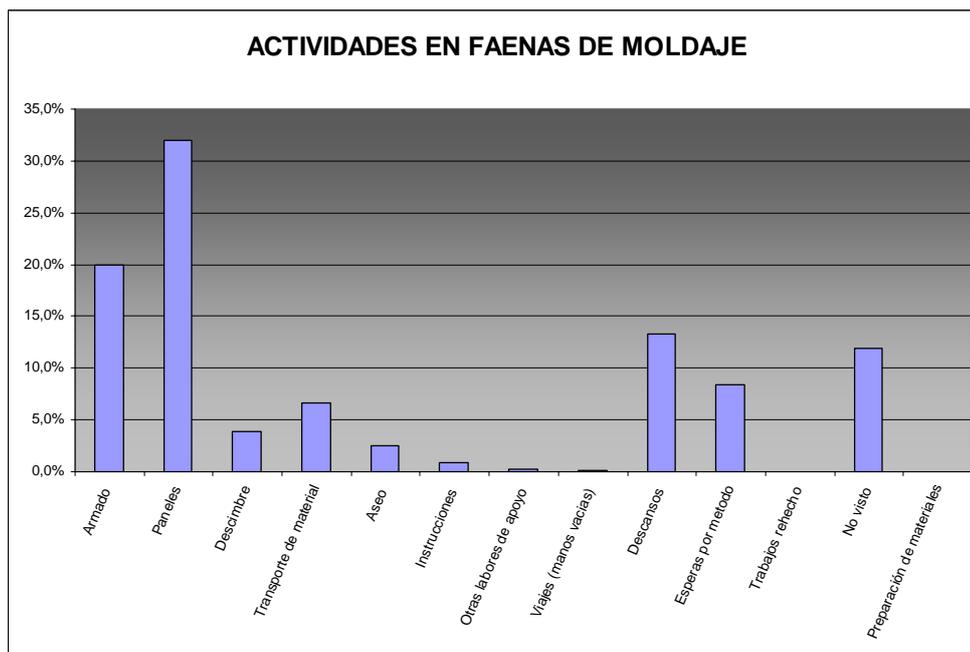


Figura 17 DISTRIBUCIÓN PROMEDIO DE OCUPACIÓN EN FAENAS DE MOLDAJE PARA PROYECTO I

Distribución promedio del uso del tiempo de cada trabajador, durante los días evaluados.

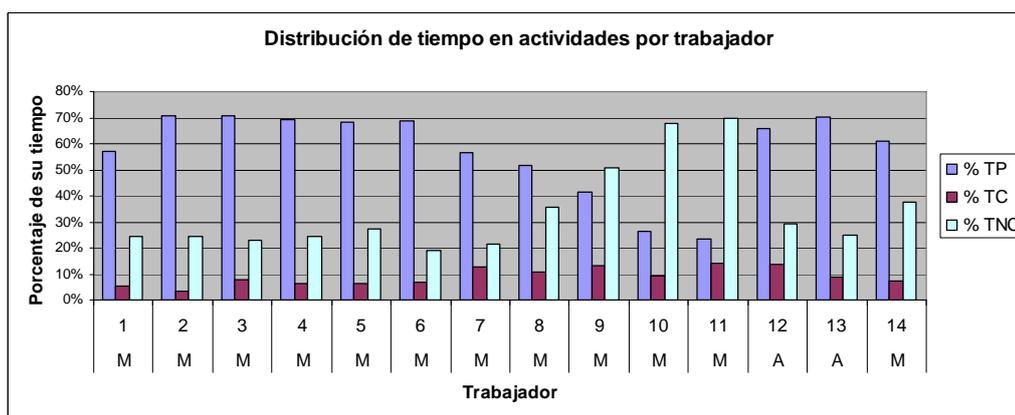


Figura 18 DISTRIBUCIÓN PROMEDIO DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO I

Se instala una cantidad de moldaje (m²) por sobre el promedio, pese a que el trabajo no contributivo presenta un porcentaje alto, lo que podría delatar una sobredotación en la

cuadrilla. Además el gráfico anterior muestra a 3 maestros en los que su trabajo no contributivo está por sobre el productivo, esto también se puede apreciar el gráfico anterior de "actividades en faenas de moldaje" en que "No visto" tiene un valor bastante elevado.

Para observar el detalle por día de las cuadrillas analizadas ver anexo II.

PROYECTO II. MONTAJE INDUSTRIAL

Muros

Los datos siguientes fueron obtenidos durante la instalación de moldaje de muros de una sala eléctrica de este proyecto industrial, ubicada en norte de nuestro país. Se evaluó durante 2 días a 6 trabajadores los cuales eran coordinados por un capataz.

Los gráficos muestran la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías.

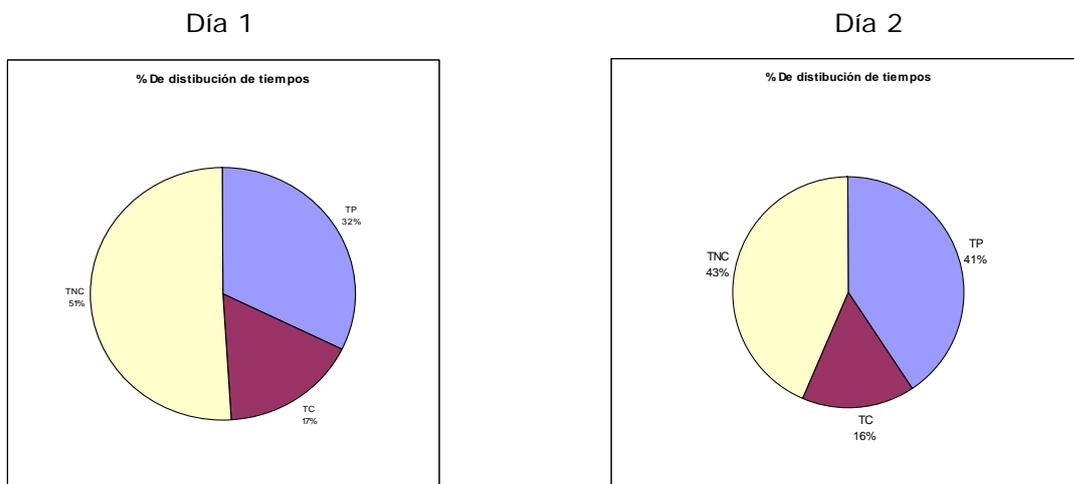


Figura 19 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO EN DÍAS 1 Y 2 PARA MUROS DE PROYECTO II

En los gráficos anteriores llama mucho la atención el alto porcentaje de TNC que se obtuvo en los dos días de evaluación, además de analizar las productividades de estos días se mencionan las causas del bajo TP.

Día 1

Recursos (HH) 10 H x 6 trab. = 60 HH

Rendimiento (HH/ m²) = 60/40 = 1,5 rendimiento teórico 3 HH/m²

Productividad (m²/HH) = 0,67

Día 2

Real

Recursos (HH) 6 H x 7 trab. = 42 HH (solo el tiempo que estuvieron trabajando)

Rendimiento (HH/ m²) = 42/32,4 = 1,3 rendimiento teórico 3 HH/m²

Productividad (m²/HH) = 0,8

Según costos

Recursos (HH) 10 H x 6 trab. = 60 HH

Rendimiento (HH/ m²) = 60/32,4 = 1,85

Productividad (m²/HH) = 0,54

Se hace distinción entre los HH "reales" y "según costos", ya que en este día hubo alteración del orden observado en los días previos producto del cambio de turno y reordenamiento de las cuadrillas que quedaron. Las alteraciones son esperables cuando se producen este tipo de eventos, pero en este caso se vieron potenciadas por diferencias de horas entre el cambio de turno del personal local y el proveniente del sector central del País. Se dejó de trabajar aproximadamente a las 16:00 horas, perdiéndose gran parte del día, si se hubiese continuado con el ritmo mostrado y suponiendo continuidad en el trabajo se hubiese podido producir $(18\text{HH})/(1,3 \text{ HH/m}^2) = 13,85 \text{ m}^2$ adicionales, un 43% de lo hecho durante ese día.

Pese a lo amplio del sector donde se construye, la gran cantidad de faenas simultáneas dificultan el desplazamiento de máquinas de apoyo (grúa) indispensable para la instalación de moldajes de muro, lo que provoca una gran cantidad de tiempos de espera, ya que en este caso es necesario esperar que termine el hormigonado para retirar los camiones de bombeo y de transporte de hormigón, de modo de generar espacio para posicionar el camión grúa y dar inicio a las faenas de instalación de moldaje. En los gráficos siguientes se aprecia el tiempo empleado en "esperas por métodos".

Lamentablemente durante la toma de datos hubo problemas puntuales que incidieron en los resultados de la cuadrilla analizada. A continuación se detallan algunos:

Después de almuerzo se produjo un descenso en la productividad, ya que se juntaron dos factores, hubo un problema con los fierros (falta de cancha) y la cuadrilla se quedó sin desmoldantes. (al ir a buscar a bodega, esta estaba cerrada por colación).

Estando todas las condiciones dadas para poder ejecutar la instalación del moldaje, es decir grúa instalada, paneles armados, disponibilidad de maestros, no se pudo proceder a la instalación debido a que se dieron cuenta que faltaban refuerzos en unas "pasadas" las que debieron ser reforzadas por los maestros especializados. Esta falencia redujo la productividad obtenida durante la tarde. Además se tuvo que retirar un paño de moldajes debido a que no se hizo en forma previa el corte para el hormigonado, es decir trabajo rehecho.

Pese a todos los inconvenientes que hubo durante la instalación de moldajes de estos días, los números indican que los beneficios fueron superiores a los basados en rendimientos teóricos, sin importar el gran porcentaje de trabajo no contributivo que arrojan los gráficos. Esto se debe a que por tratarse de muros que no presentan grandes irregularidades la grúa es capaz de subir un panel prearmado de grandes dimensiones, por lo que en una maniobra se puede sumar varios metros cuadrados de una sola vez, además si a esto sumamos el hecho que se trata de una cuadrilla distinta a las estudiadas (para faenas similares), que está formada sólo por seis trabajadores se obtienen buenos niveles de productividad por resultados (metros cuadrados instalados), pero en cuanto a uso del tiempo los gráficos muestran altos niveles de TNC. También se debe considerar que los rendimientos teóricos consideran el descimbre, comúnmente se asigna 20% o 15% a esta operación.

Nuevamente la grúa juega un papel de mucha importancia y es imposible destinar la grúa solo a una faena, por el contrario, éstas deben ser compartidas, por lo que la planificación de corto plazo se vuelve primordial para obtener avances rentables lo que debe ser complementado con un aprovechamiento adecuado de la disposición de las grúas por parte de las cuadrillas, lo que en ocasiones no ocurre generando atrasos a toda la obra.

Los gráficos siguientes muestran la distribución porcentual del tiempo en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

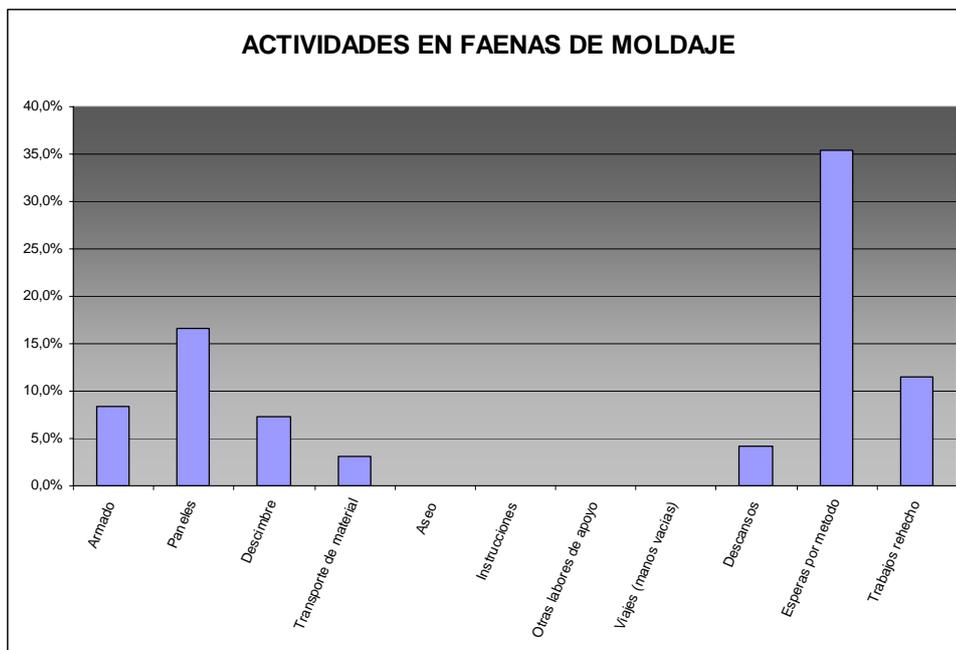


Figura 20 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 1

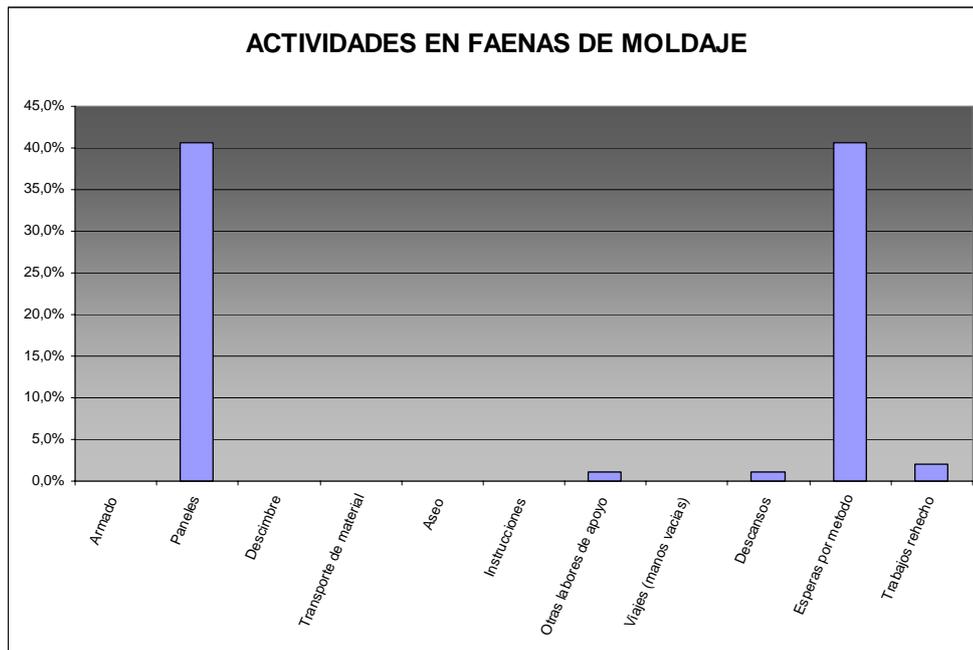


Figura 21 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 2

En el segundo día se produjo cambio de turnos, por lo que las cuadrillas volvían a Santiago y terminaron las faenas antes de lo debido. El gran porcentaje de “esperas por método” se vio potenciado por esta razón, al ser consultado el capataz por la razón de las detenciones, respondió que esperaban materiales, lo que no tenía ninguna relación con lo observado.

Distribución del uso del tiempo según categorías por cada trabajador

Día 1

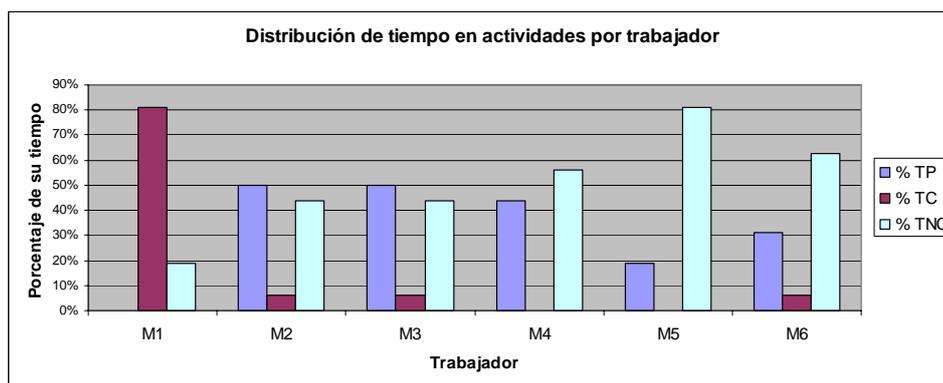


Figura 22 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 1

El M1 es un maestro que se dedica a hacer cortes y pasadas de madera, por lo que está permanentemente preparando material, es por ello que su aporte es en TC. Los M4 y M5, tienen un alto porcentaje en TNC, pero si se observa el gráfico siguiente de “Distribución del

tiempo dentro de labores No contributivas”, para el día 1 se aprecia que existe “trabajo rehecho” el cual es realizado por estos maestros.

Distribución del tiempo dentro de labores No contributivas

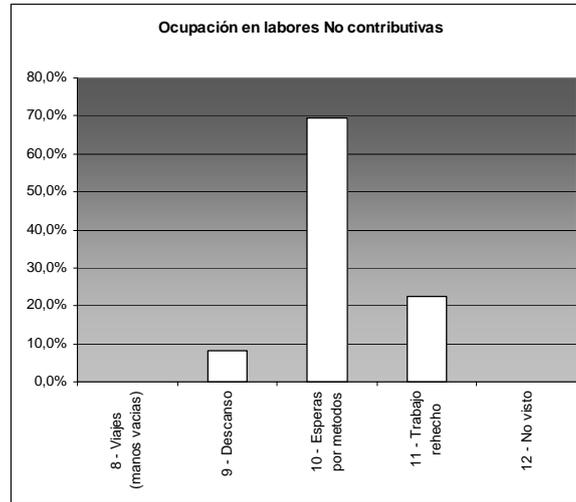


Figura 23 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DENTRO DE LABORES NO CONTRIBUTIVAS. PROYECTO II, MUROS, DÍA 1

Distribución del uso del tiempo según categorías por cada trabajador

Día 2

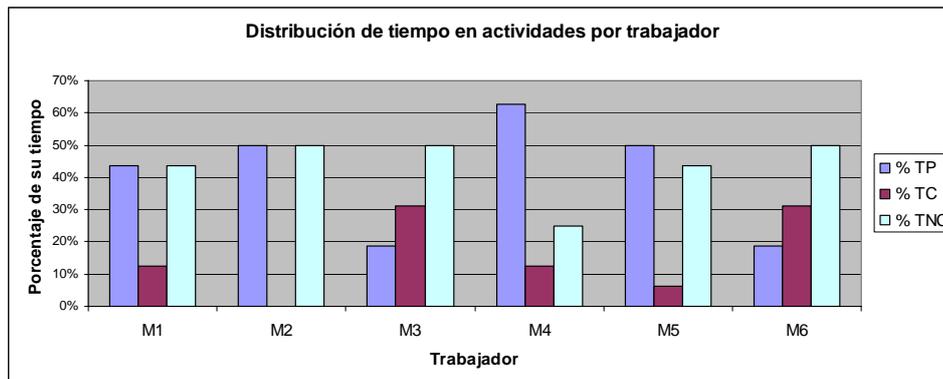


Figura 24 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 2

El gráfico siguiente indica los altos niveles de TNC que se muestran en el gráfico “Distribución del uso del tiempo según categorías por cada trabajador”, las esperas por métodos son las principales causas de altas tasas de trabajo no contributivo, las que se ven potenciadas cuando se trabaja con maestros no especializados o no consolidados dentro de una cuadrilla.

Distribución del tiempo dentro de labores No contributivas

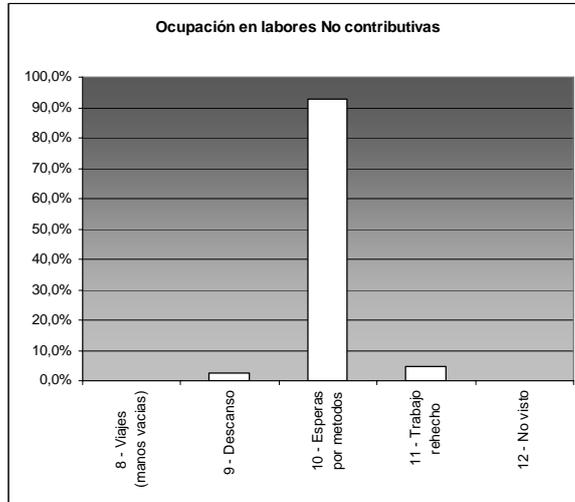


Figura 25 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DENTRO DE LABORES NO CONTRIBUTIVA. PROYECTO II, MUROS, DÍA 2

Como los dos días de mediciones de muros estuvieron marcados por interrupciones antes comentadas, se volvió a realizar una nueva medición, arrojando los siguientes resultados.

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

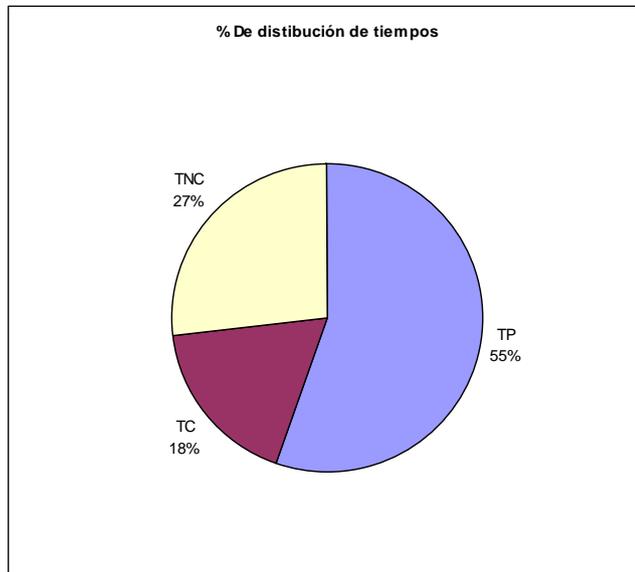


Figura 26 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, MUROS TERCERA MEDICIÓN

En este día de mediciones no hubo irregularidades, por lo cual la cuadrilla pudo trabajar en forma constante lo que se refleja en el gráfico anterior, mostrando uso del tiempo bastante cercano a los óptimos propuestos por el SPG.

Sin embargo los valores de productividad y rendimientos fueron levemente superiores al los días con interrupciones (anteriores), se instalaron 45 m² aproximadamente. Esto se debió principalmente a las mayores irregularidades que presentaba el muro en el cual se instalaban los moldajes, a esto se debe sumar el hecho que en el día anterior se había derramado desmoldante sobre las enfierraduras y el personal que estaba en labores de limpieza entorpecía el libre desplazamiento de los maestros que instalaban moldaje. De todos modos, al buscar conclusiones se debe analizar si este percance afecto el avance planificado.

$$\text{Productividad} = 45 \text{ m}^2 / 60 \text{ HH} = 0,75 \text{ m}^2/\text{HH}$$

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual del tiempo en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación.

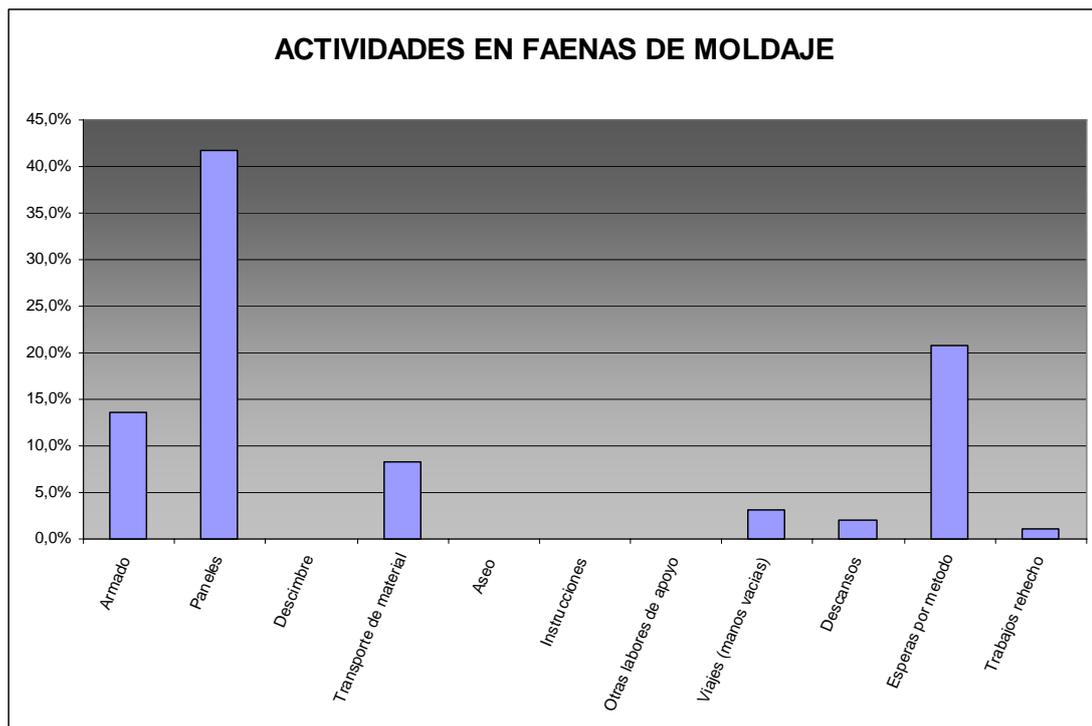


Figura 27 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS TERCERA MEDICIÓN

Distribución del uso del tiempo según categorías de cada trabajador

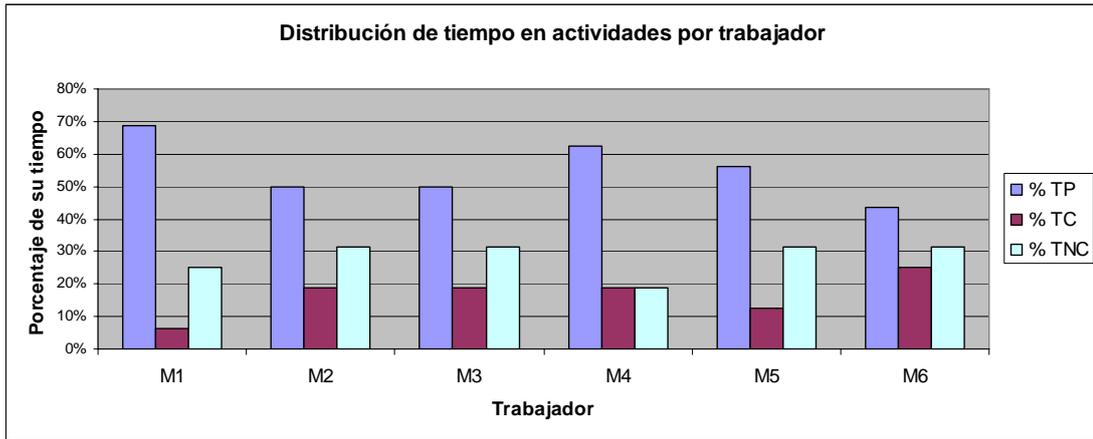


Figura 28 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, MUROS, TERCERA MEDICIÓN

Distribución de uso del tiempo por clasificación.

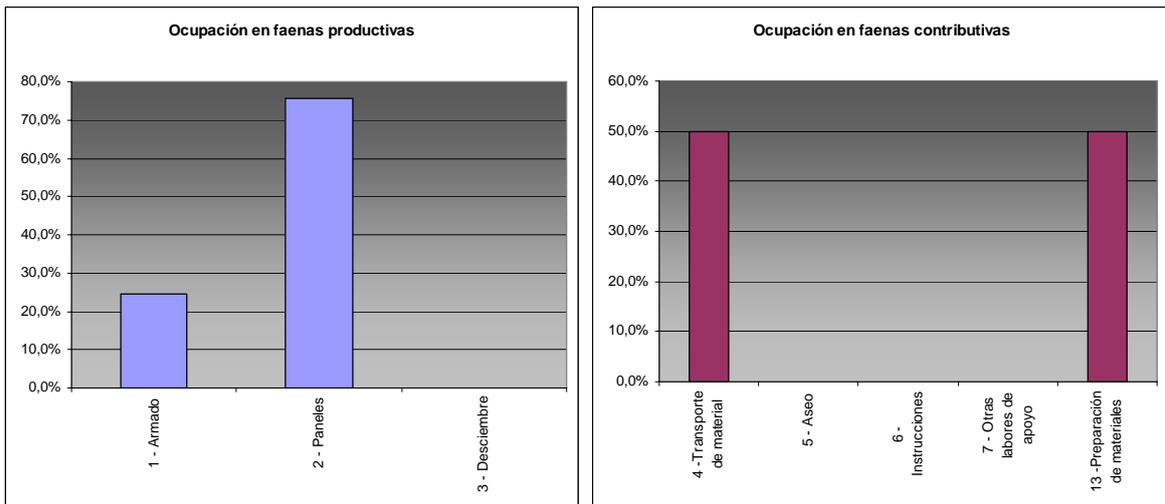


Figura 29 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, MUROS, TERCERA MEDICIÓN

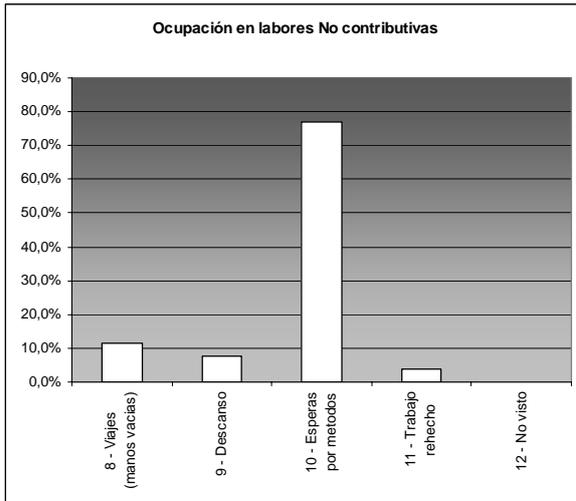


Figura 30 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, MUROS, TERCERA MEDICIÓN

Resulta importante destacar de los gráficos anteriores en que se detalla el uso del tiempo por clasificación en que el total de tareas contributivas está exactamente dividida en "transporte de materiales" y "preparación de materiales" y que de las labores no contributivas las "esperas por método" acaparan el mayor porcentaje, lo que se vuelve común y repetitivo en el resto de las mediciones de este trabajo.

Pedestales

Los pedestales son pilares que son parte de las fundaciones, en su parte superior quedan embutidos pernos de anclaje en donde se montarán las futuras estructuras metálicas. En la instalación de este tipo de moldaje trabajan parejas de maestros.



FOTOGRAFÍAS PEDESTALES

Los siguientes datos se obtuvieron en 5 horas de mediciones.

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

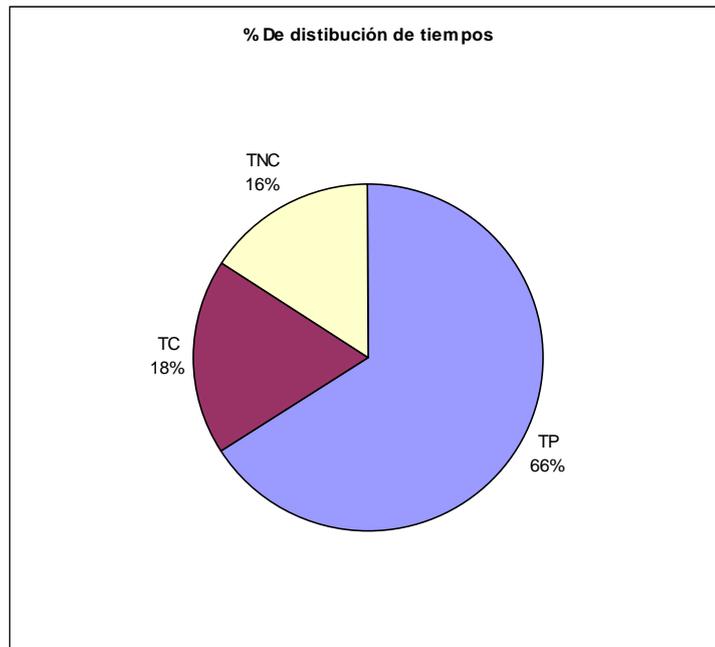


Figura 31 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, PEDESTALES

Recursos (HH) 5 H x 4 trab. = 20 HH

Rendimiento (HH/ m²) = 20/16,8 = 1,19 rendimiento teórico **2,8 HH/m²**

Productividad (m²/HH) = 0,84

El rendimiento mostrado anteriormente muestra sólo una parte de el trabajo hecho, ya que el rendimiento teórico incluye las labores de desmolde.

De todos modos, si consideramos un 20% para las faenas de desmolde y que el rendimiento obtenido equivale a un 80% del rendimiento total, el rendimiento logrado sería aproximadamente de 1,5 HH/m² lo que es bastante superior a los rendimientos teóricos planteados por el mandante.

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

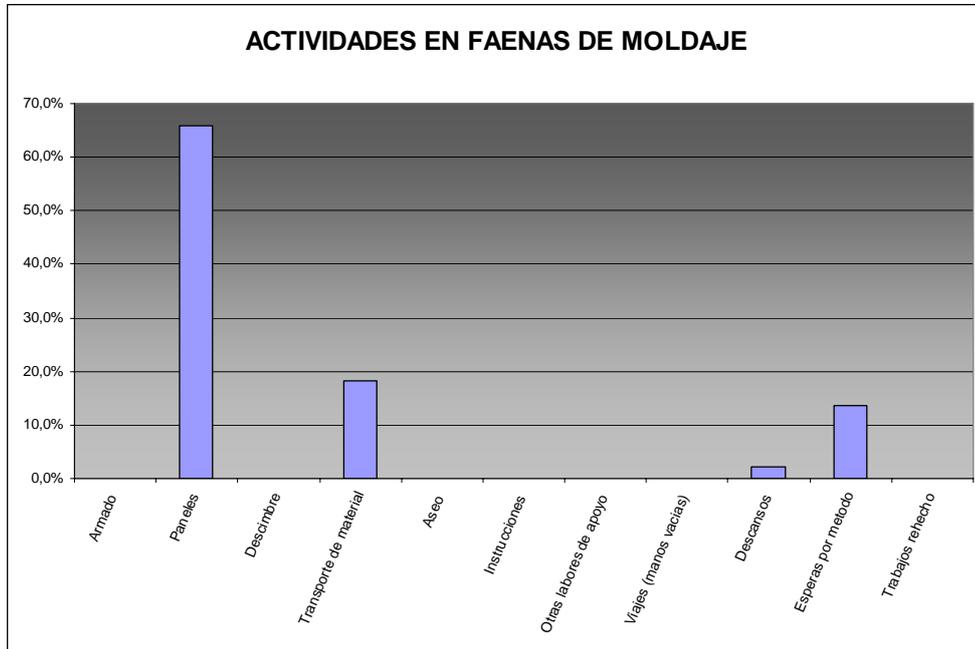


Figura 32 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, PEDESTALES

Distribución del uso del tiempo según categorías por trabajador.

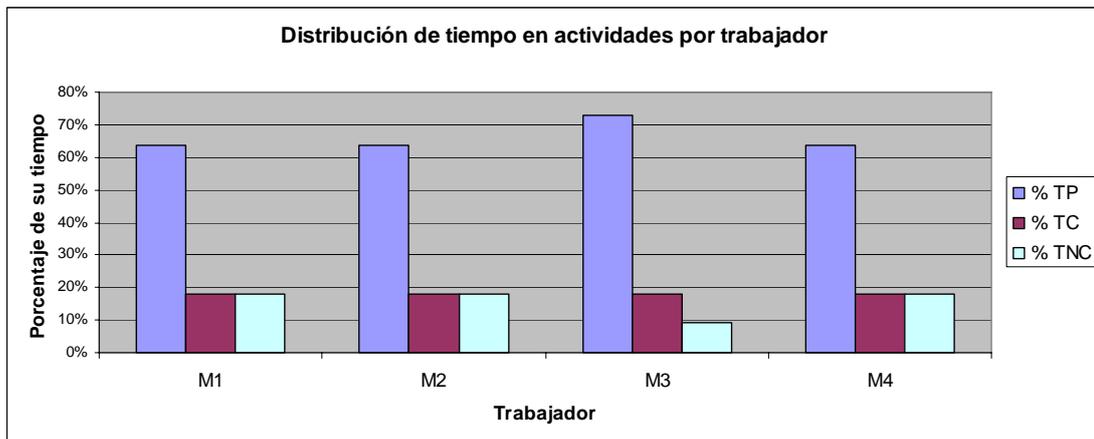


Figura 33 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, PEDESTALES

Uso del tiempo en las distintas categorías según hora del día

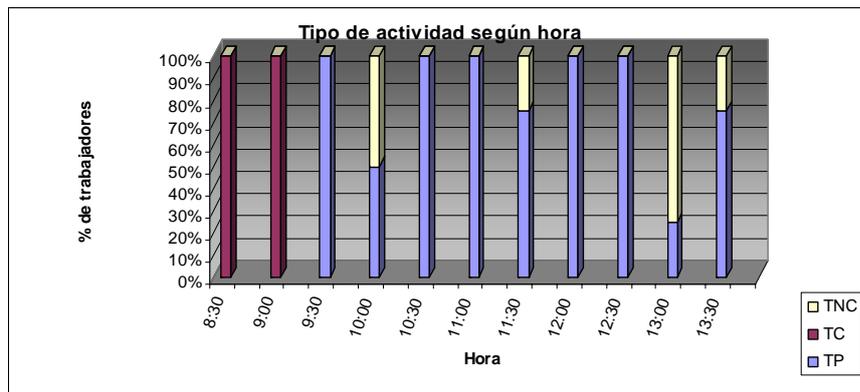


Figura 34 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO SEGÚN HORA DEL DÍA PROYECTO II, PEDESTALES

Del gráfico se observa que los primeros datos son sólo de trabajo contributivo, al observar los siguientes gráficos se detalla el empleo del tiempo por clasificación, tanto para faenas contributivas como no contributivas. Esta situación es normal que se produzca en las primeras horas de una jornada, pero se muestra explícitamente ya que esta es una cuadrilla constituida solo por maestros.

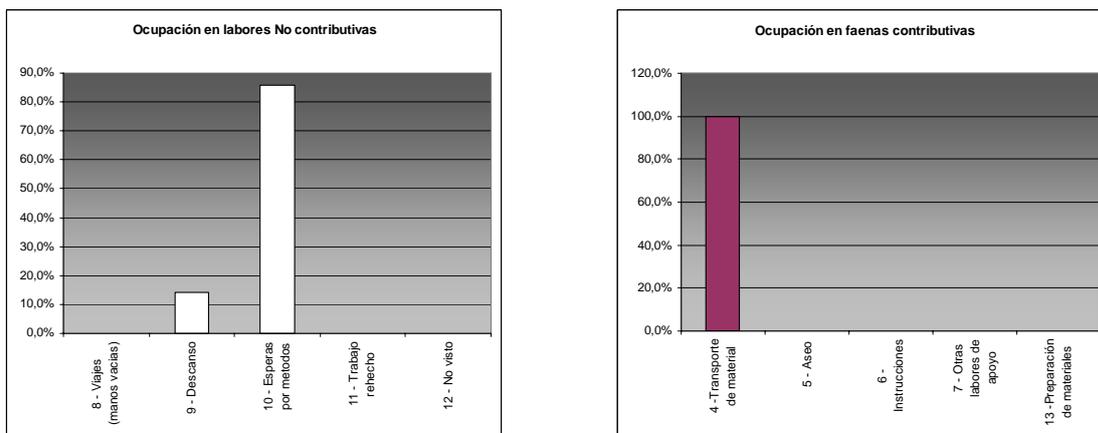


Figura 35 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, PEDESTALES

Las esperas por método están relacionadas con la espera de materiales o instrumentos, o simplemente debido a que uno de los trabajadores es dependiente de la actividad que realiza el otro.

El transporte de material está realizado por los mismos maestros y comúnmente hay grupos de pedestales alejados, lo que implica demoras en el transporte de materiales. Por lo general estas labores son realizadas por maestros y no por ayudantes.

Durante la tarde se midió a la misma cuadrilla, obteniéndose datos similares. Ver Anexo III Descimbre Pedestales

Los siguientes datos son útiles para una planificación interna de las cuadrillas, ya que entregan datos reales de descimbre, tales como velocidad, uso de su tiempo, productividad, pero no como un análisis genérico de la cuadrilla, ya que se consideraron a los trabajadores como maestros independientes de sus cuadrillas y no se hicieron mediciones entre un pedestal y otro, por lo que no se tiene registro del tiempo en que se cambian de un pedestal a otro.

Dos ayudantes descimbran dos pedestales de 2,7 metros de altura con un área superficial de $0,6 \times 0,8 \times 2,7 \times 2$ (dos pedestales) = $2,6 \text{ m}^2$. Se demoran 1,15 horas.

$$\text{Productividad} = 2,6 \text{ m}^2 / 2,5 \text{ HH} = 1 \text{ m}^2/\text{HH}$$

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

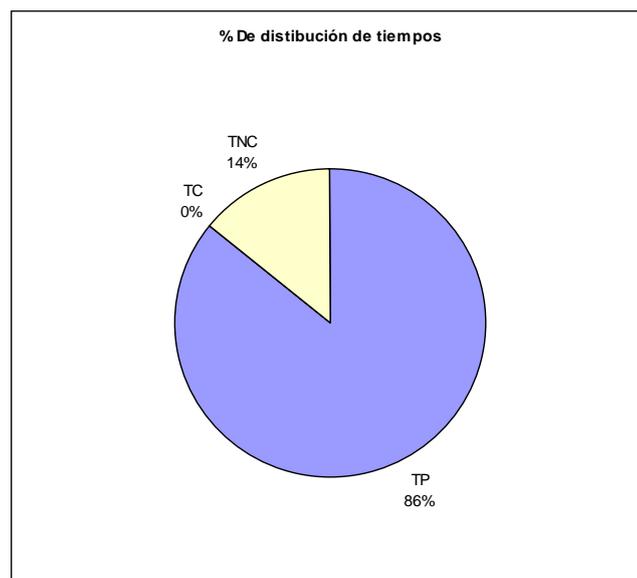


Figura 36 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

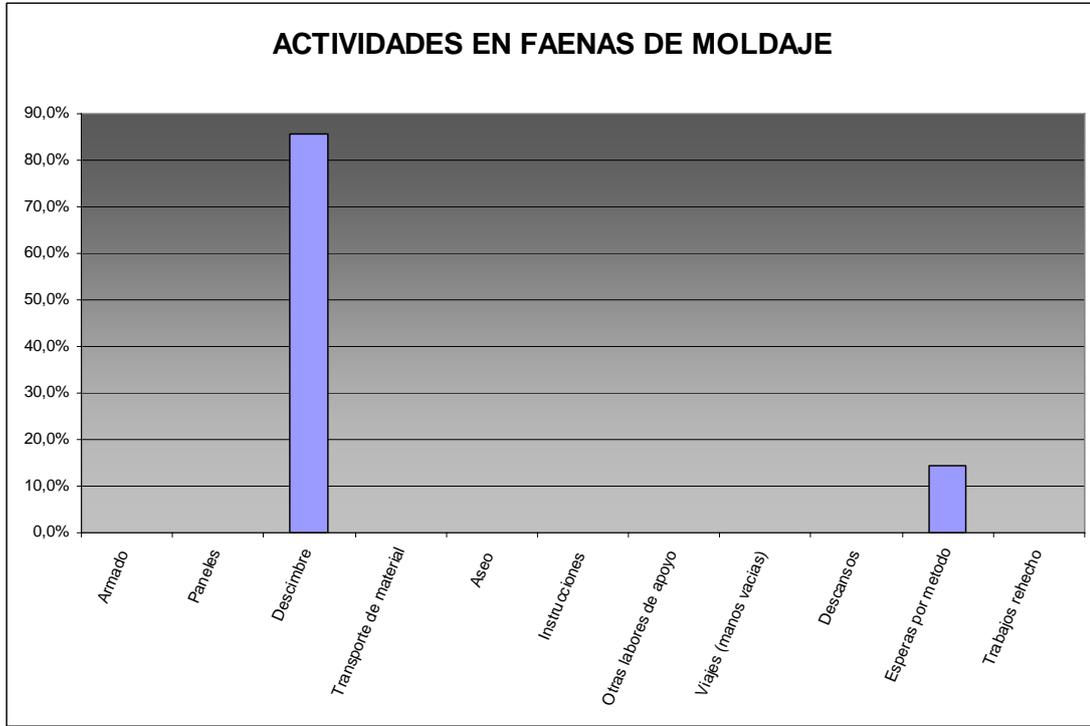


Figura 37 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES

Distribución del uso del tiempo según categorías por trabajador.

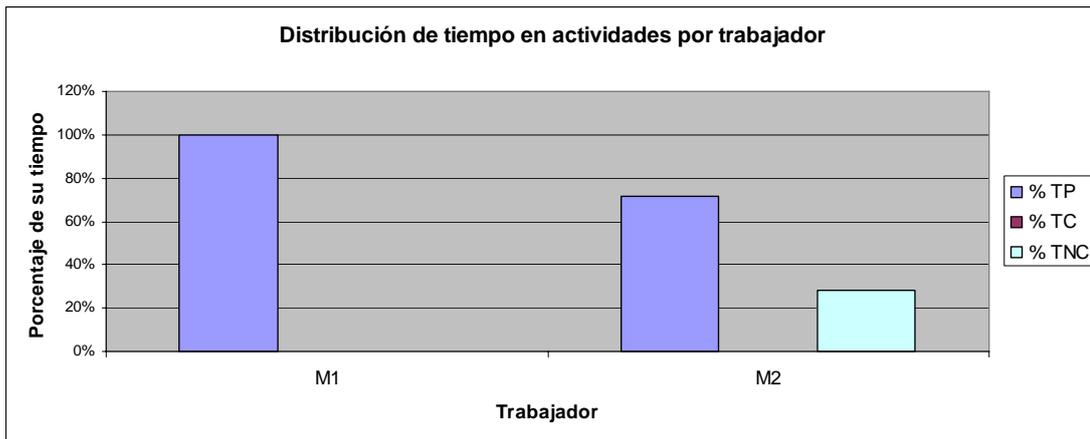


Figura 38 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES

Fundaciones de estanques circulares

Estanques para tratamientos de aguas, corresponden a una fundación circular de unos 20 metros de diámetro, formada por una base y un muro de poco más de 1 metro de altura de hormigón armado, en donde descansara la estructura metálica definitiva.



FOTOGRAFÍA ESTANQUES CIRCULARES

Los datos fueron obtenidos en un período de 5 horas aproximadamente.

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

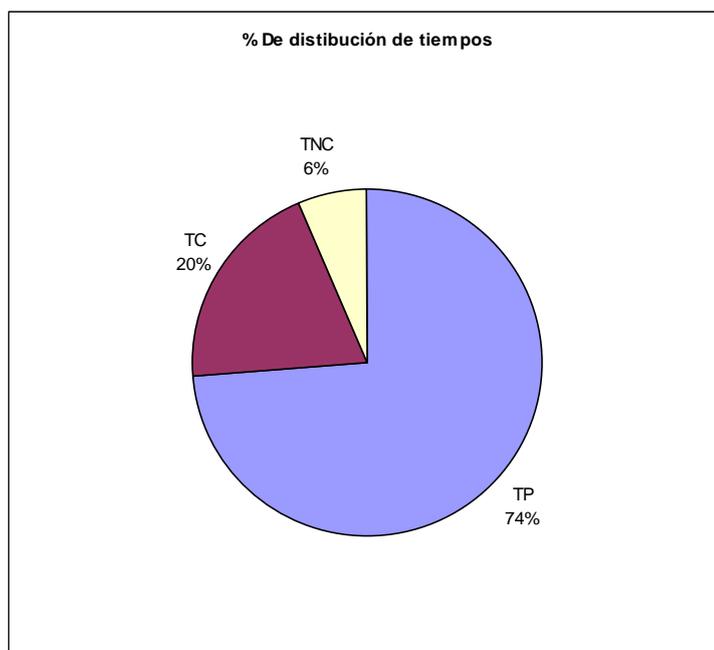


Figura 39 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, ESTANQUES

La cuadrilla evaluada lleva tiempo trabajando junta, además como estaban en un lugar aislado no había entorpecimiento con otras cuadrillas ni espacio para distracciones, lo que se ve reflejado en el uso del tiempo por parte de los trabajadores. Además el capataz realizaba su planificación interna de excelente manera (planificación a nivel de cuadrilla), tal organización permitía a la cuadrilla anticiparse a posibles problemas.

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

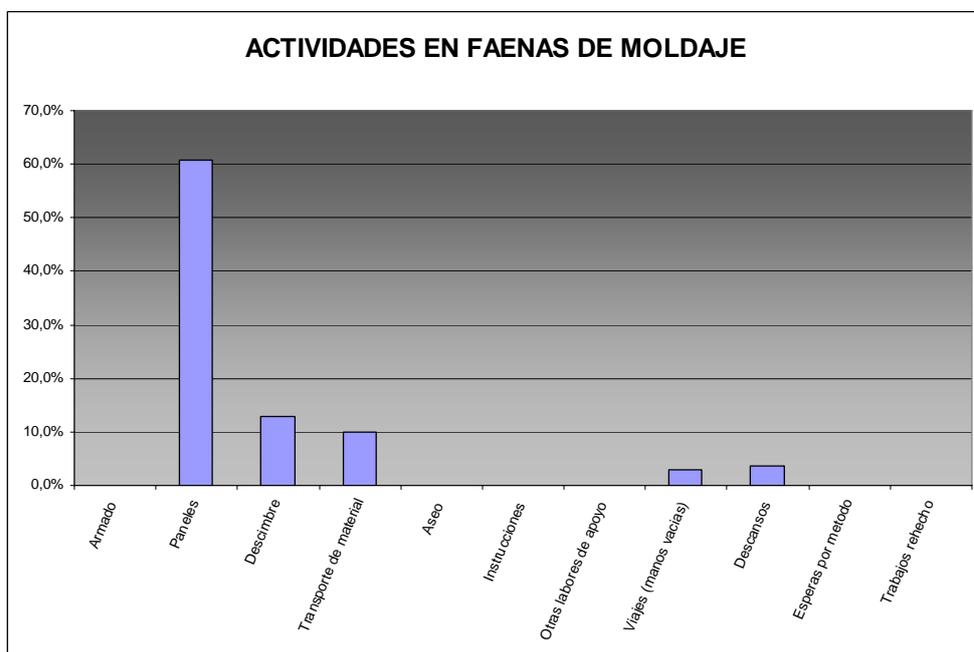


Figura 40 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, ESTANQUES

Distribución del uso del tiempo según categorías por trabajador.

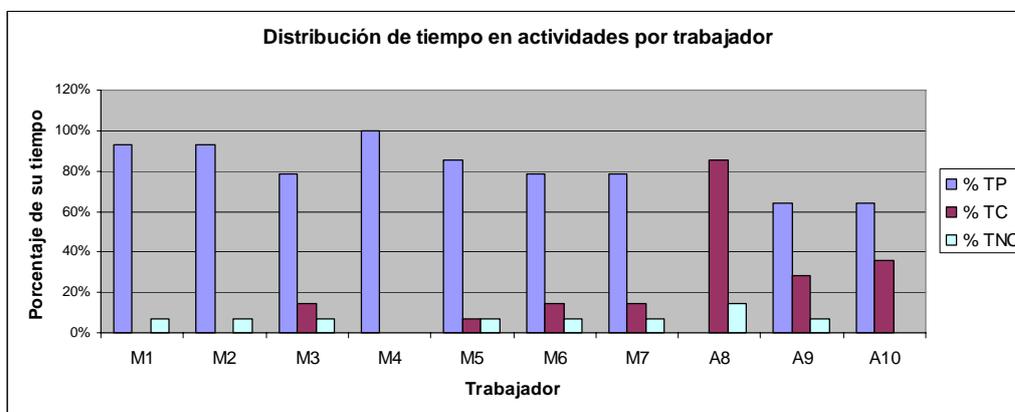


Figura 41: DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, ESTANQUES

En todos los maestros el trabajo productivo es ampliamente superior a los trabajos contributivos y no contributivos, solo en los ayudante las faenas contributivas están por sobre las demás, lo cual es correcto y necesario que se cumpla. Esto habla de una buena distribución interna en que los maestros pueden dedicarse de llenos a las actividades para las cuales están destinados, es decir, se trata de una cuadrilla balanceada.

En los siguientes gráficos se detalla el empleo del tiempo por clasificación.

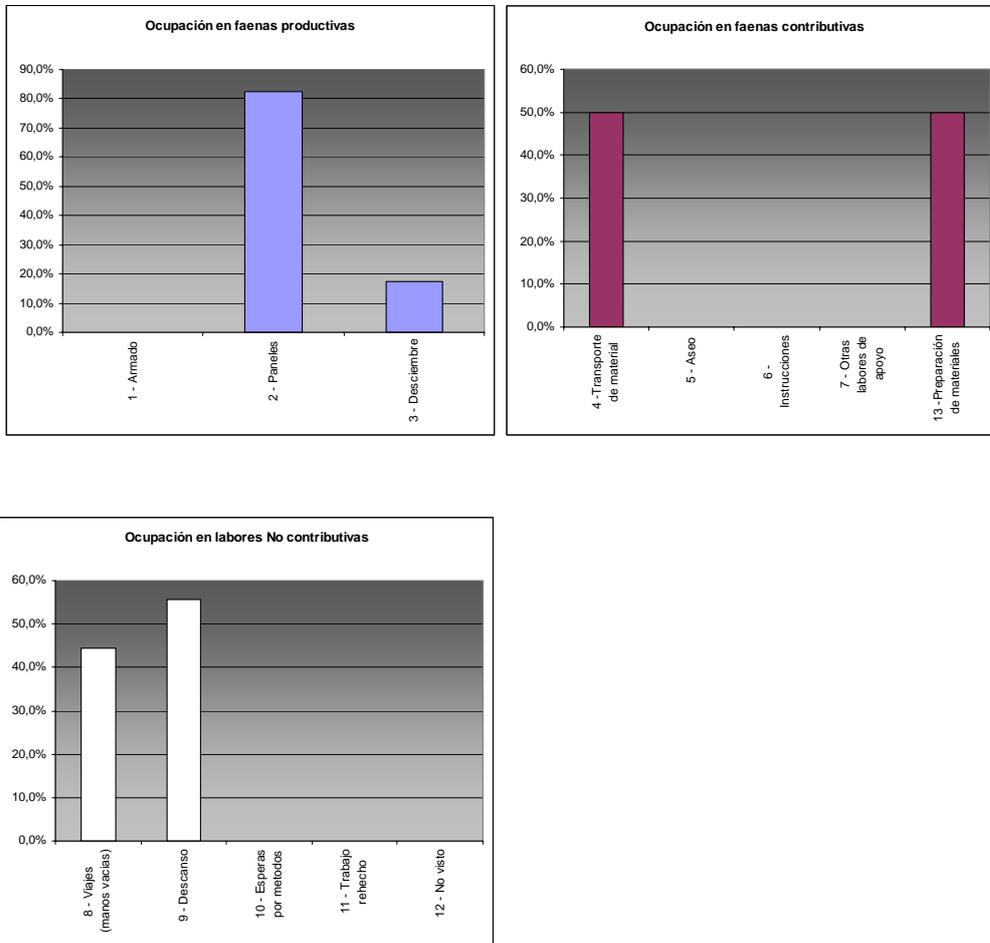


Figura 42 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, ESTANQUES

En los gráficos de detalles por clases queda de manifiesto que los ayudantes contribuían en faenas de “transporte de material” y faenas de “preparación de materiales”, ambas actividades absolutamente necesarias para obtener buenas productividades.

Los maestros se dedican mayoritariamente a faenas de instalación directa de los moldajes.

El trabajo no contributivo se reparte entre descansos y viajes en busca de agua, la cual estaba en un dispensador próximo a las actividades.

PROYECTO III. OBRA INDUSTRIAL

Se trata de un proyecto ubicado en el Norte del país, es una obra industrial de grandes dimensiones, la que alberga a unos 800 trabajadores.

Los datos que se muestran a continuación corresponden a faenas de instalación de moldaje de losa, los cuales fueron recolectados durante dos días. La cuadrilla está constituida por 14 maestros.

Distribución promedio porcentual de distribución del tiempo de los días evaluados.

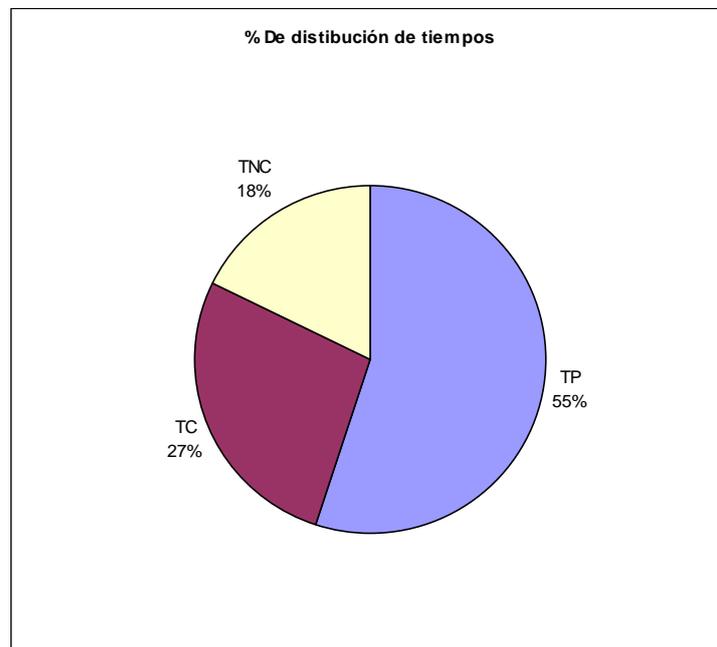


Figura 43 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, LOSA

Es posible hacer relaciones entre la distribución del tiempo entregada por los gráficos e índices de autocontrol de la empresa, por ejemplo con el PF (factor de producción, que relaciona rendimientos teóricos con rendimientos reales). No se busca reemplazar los métodos de obtención de este índice si no que utilizarlo para hacer proyecciones, de modo de reflejar numéricamente los beneficios de hacer mejoras basándose en los gráficos, mejoras que traen como resultados una óptima utilización del tiempo y con ello mejores índices de producción.

Al considerar los 14 maestros trabajando durante las 10 horas de jornada, con un avance de 75 m² (avance real medido) y considerando el gráfico anterior que entrega un 55% del tiempo ocupado en faenas productivas, se podría considerar que aproximadamente ese porcentaje de las 10 horas de jornada estuvieron dedicadas a producir, lo que no es del todo

correcto, ya que claramente las faenas de trabajo contributivas son necesarias para lograr avances. Como aproximación inicial emplearemos el 55%, es decir, de las 140 HH totales solo 77 HH se ocuparon en faenas productivas.

Si nos concentramos en identificar las falencias, se podría proponer gracias a las mejoras un "TP objetivo", es decir proyectar el TP actual con los beneficios que se pueden lograr con disminuciones en TNC o aumentos en el TC, logrando una relación directa entre los datos obtenidos y las medidas de autocontrol de la empresa. Si podemos relacionar rendimientos reales con rendimientos objetivos, se podría relacionar uso del tiempo con índices de autocontrol. En pocas palabras, con una mejora de un 5% en uso del tiempo mejoraría alrededor de 0,1 el indicador.

La siguiente tabla ejemplifica lo anterior, basándose en los datos de avance y distribución del tiempo obtenido de la cuadrilla.

LOSAS			
N° de trabajadores	14		
Horas de Jornada	10		
Avance	75	m ²	
TP	55%		
TP Objetivo (5% de mejora en TP)	60%		
Horas reales de TP	77	HH	peso descimbre
Avance OBJETIVO teórico	81,8182	m ²	20%
HH totales	140		
Rendimiento Real	1,87	[HH/m ²]	2,33 [HH/m ²]
Rendimiento OBJETIVO	1,71111	[HH/m ²]	2,14 [HH/m ²]
PF	0,74667		0,933
PF objetivo	0,68444		0,856

Figura 44 TABLA QUE RELACIONA MEJORAS EN TP CON FACTOR DE PRODUCCIÓN

Los valores encerrados incluyen la ponderación del 20% del descimbre.

En la tabla anterior el "TP Objetivo", es el TP el cual pretendemos lograr y basándose en este se calcula el "rendimiento Objetivo", rendimiento al cual se pretende llegar.

Lo que faltaría es justificar la ganancia de un 5% en labores productivas, con el análisis de los siguientes gráficos se intentará mostrar donde apuntar para lograr las mejoras requeridas.

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizadas durante el periodo de evaluación

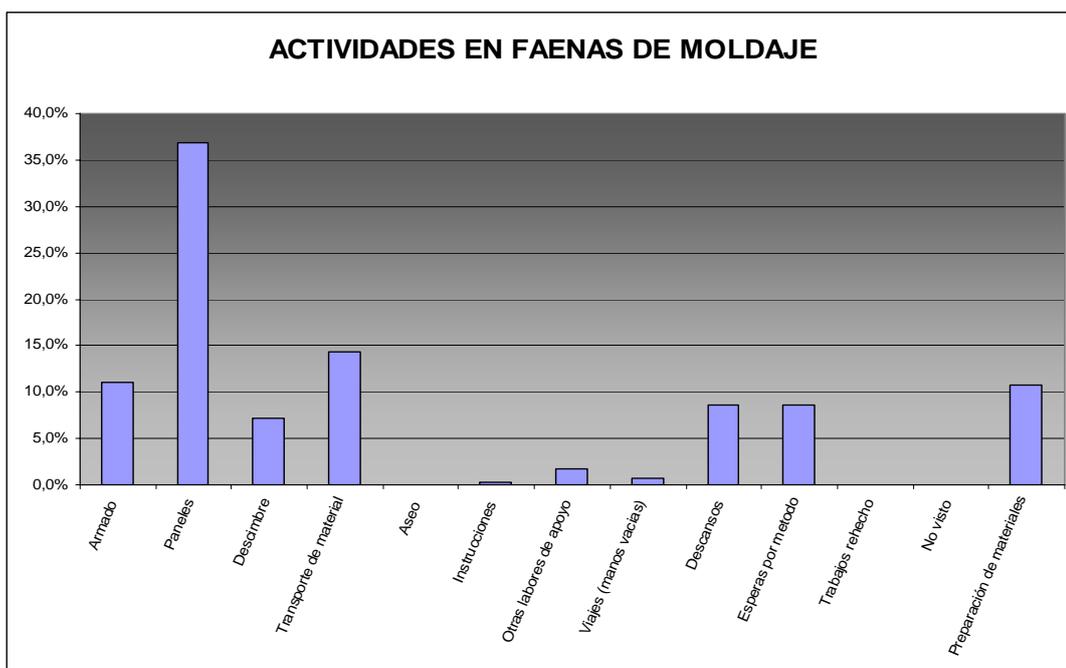


Figura 45 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, LOSA

Distribución del uso del tiempo según categorías por trabajador.

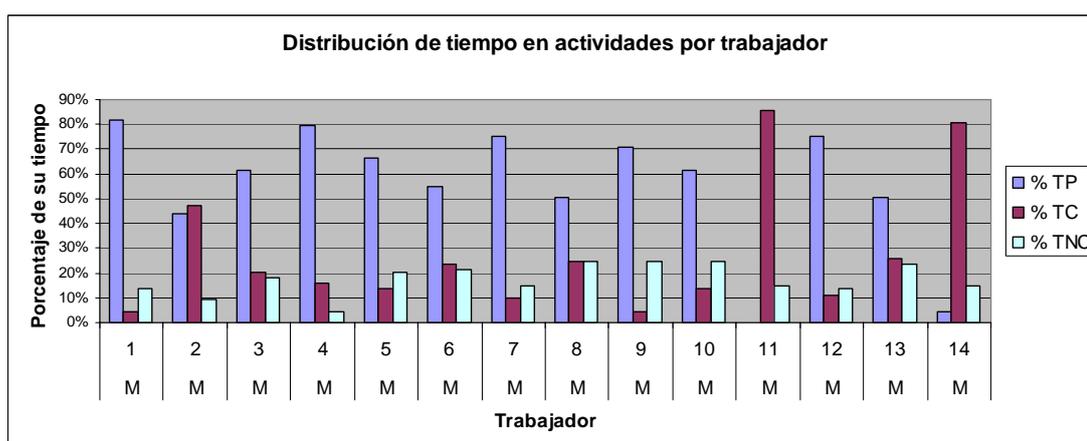


Figura 46 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, LOSA

Al analizar el gráfico anterior es posible observar que el 27% de trabajo contributivo se encuentra regularmente distribuido, salvo en los maestros 11 y 14 en que su aporte está

enfocado a faenas contributivas, si consideramos que del 27% de TC más del 60% corresponde a transporte de material nos está indicando que maestros especializados están dejando de realizar labores para las cuales están calificados para prestar apoyo en transporte de material, faena necesaria pero que podría estar siendo realizada por ayudantes. El hecho de presentar un alto porcentaje en esperas por método reafirma que podría cambiarse algún maestro por un ayudante o quizás agregar un ayudante que se dedique a prestar apoyo a las tareas contributivas y priorizar a los maestros en tareas propias de la instalación de moldajes. También es posible apreciar que la categoría descanso presenta un porcentaje alto, dicha categoría es posible de reducir.

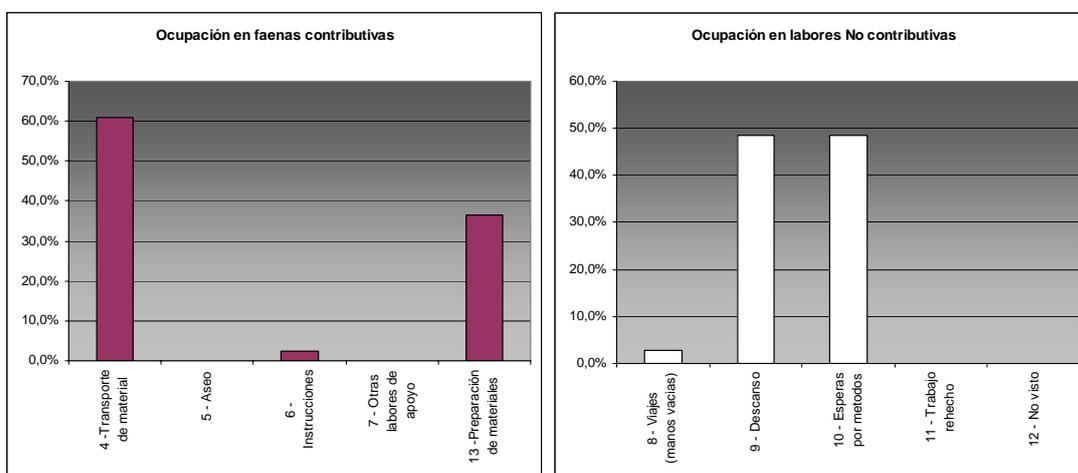


Figura 47 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO III, LOSA

Sin embargo esta cuadrilla presenta buena productividad tanto en números (m² instalados) como en el uso de su tiempo, los niveles de uso del tiempo en actividades productivas son muy cercanas a los óptimos propuestos por el SPG.

Muros Foso

Los datos obtenidos corresponden a faenas de instalación de moldajes de muros. Se trata de un muro de un foso rectangular de 5 metros de altura y 4 metros de arista. La cuadrilla esta constituida por 11 trabajadores, 10 maestros y un ayudante.

Durante la mañana la cuadrilla contaba con el apoyo de una grúa, sin embargo en la tarde, no se pudo contar con ella, ya que planificación estimó una mayor prioridad a otras faenas.

En el análisis siguiente se identifican las diferencias no tanto en m² de avance si no que en empleo del tiempo productivo que existe cuando se dispone de grúa y cuando no se dispone de esta.

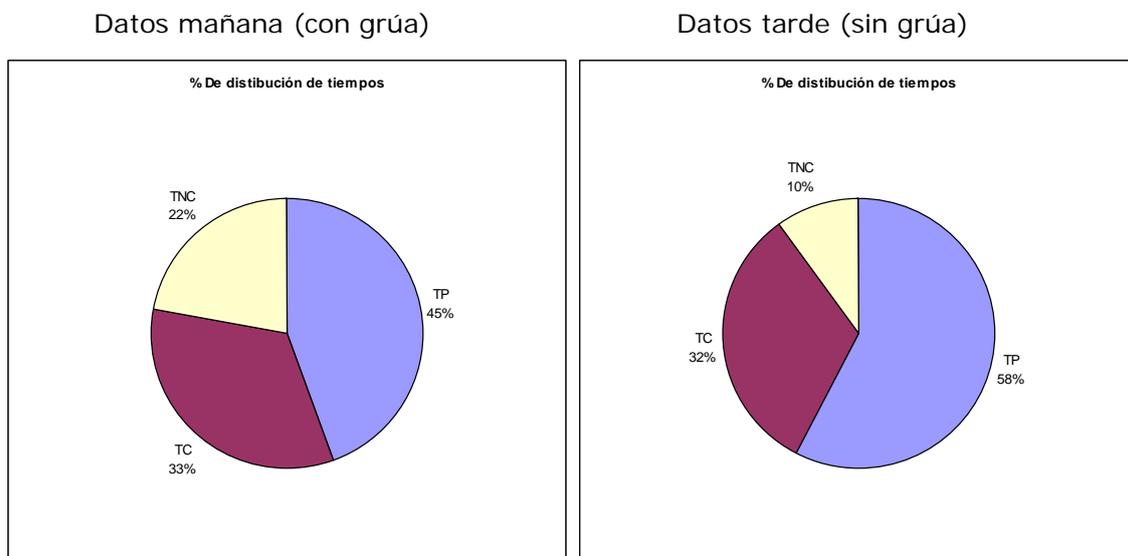


Figura 48 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, CON GRÚA V/S SIN GRÚA

Contar con grúa para las labores de instalación de moldaje en muros genera grandes avances en metros cuadrados, pero genera esperas por métodos, ya que los maestros deben esperar que la grúa termine los ciclos. Al observar los "gráficos de distribución del tiempo en actividades por trabajador" es posible reafirmar lo anterior, ya que desaparecen tiempos de esperas en trabajadores que los tenían cuando la grúa prestaba apoyo.

Cuando los maestros no disponen de grúa, estos se mantienen mucho más ocupados en faenas productivas, sin embargo sus avances en m² son bajos (al comparar con los m² instalados cuando si contaban con grúa).

Los gráficos muestran la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

Con grúa

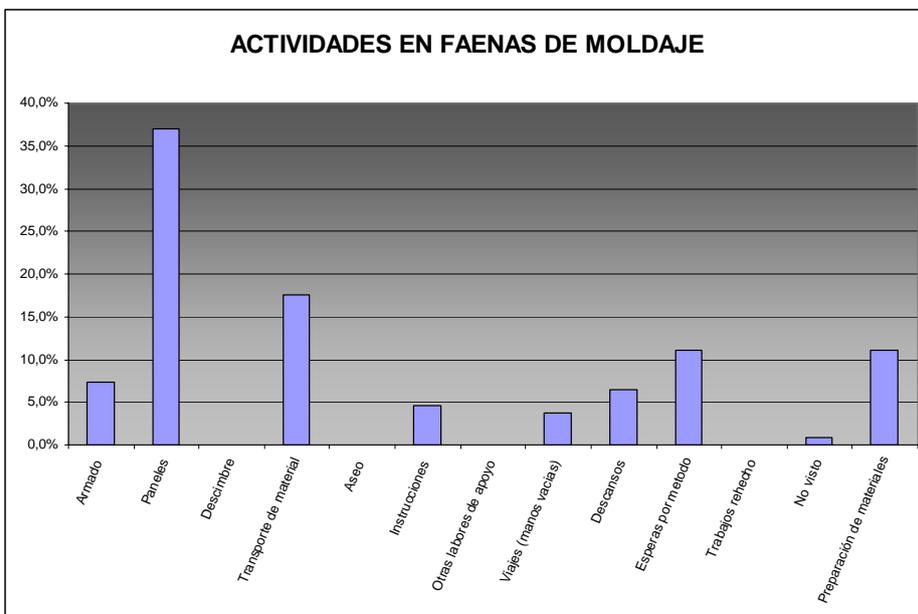


Figura 49 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, CON GRÚA

Sin grúa

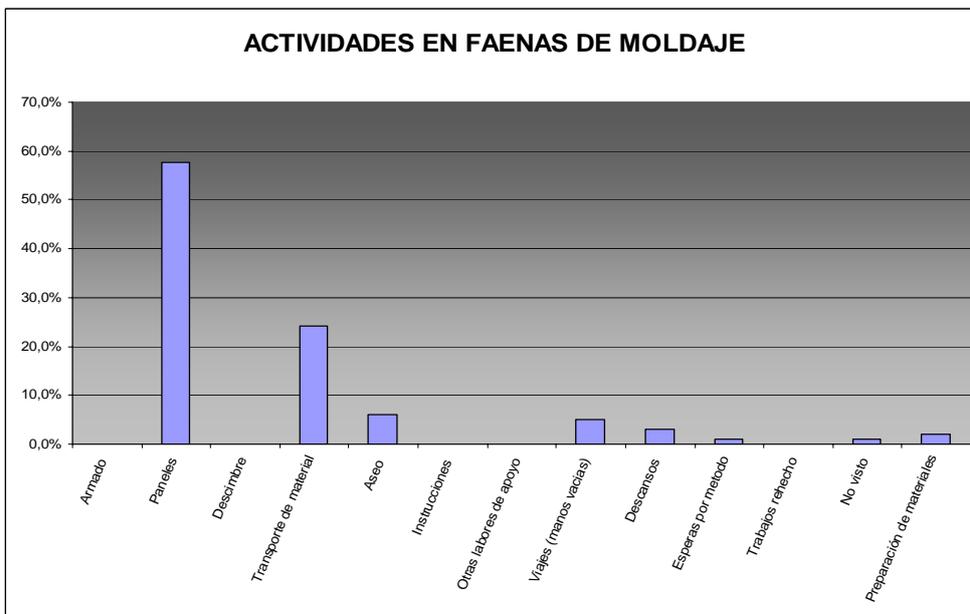


Figura 50 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, SIN GRÚA

Con grúa hay maestros dedicados a prearmar paneles en el suelo, los que posteriormente son subidos con la grúa.

Sin grúa los maestros pasan mayor tiempo instalando los moldajes, aunque con menor eficiencia.

Sin grúa el transporte de material crece, ya que se demoran más en actividades de transporte, sobre todo cuando se mueven elementos pesados.

Con grúa las instrucciones aumentan, ya que se requiere una mayor coordinación para sincronizar con la grúa, además los movimientos son de mayor riesgo, ya que se mueven en altura cargas de peso considerable.

Las maniobras con grúa generan "esperas por método" debido a que son lentos debido al peso que se traslada y al riesgo que conllevan tales maniobras.

No se observa relación entre "trabajos rehechos" y usar o no usar grúa.

Los gráficos indican que con grúa se genera mayor porcentaje en "preparación de materiales", lo que se debe a que mayores avances (en el mismo tiempo que trabajar sin grúa) requieren disponer de una cantidad mayor de piezas de madera a medida.

Distribución del uso del tiempo según categorías por trabajador.

Con grúa

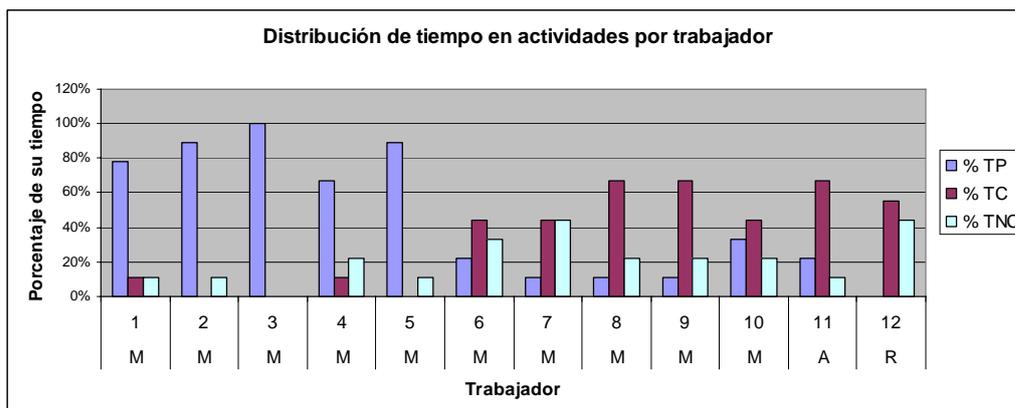


Figura 51 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, CON GRÚA

Sin grúa

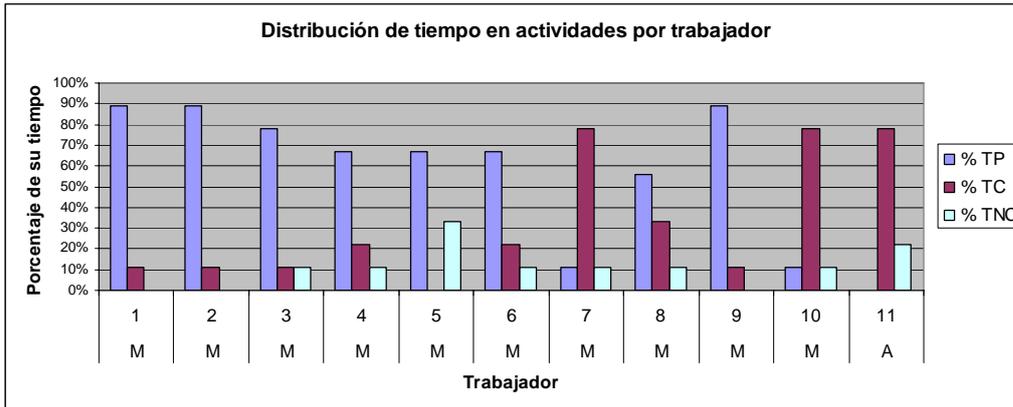


Figura 52 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, SIN GRÚA

Es posible observar que con grúa hay una mayor proporción de trabajadores en trabajos contributivos, sin grúa hay mayor cantidad de maestros en faenas productivas.

Vigas

Los siguientes datos corresponden a vigas y losas a grandes alturas, alrededor de 15 metros, por lo cual se trata de un trabajo con dificultad considerable. La cuadrilla analizada está compuesta por 18 trabajadores y en esta ocasión contaba con el apoyo de 6 trabajadores adicionales.

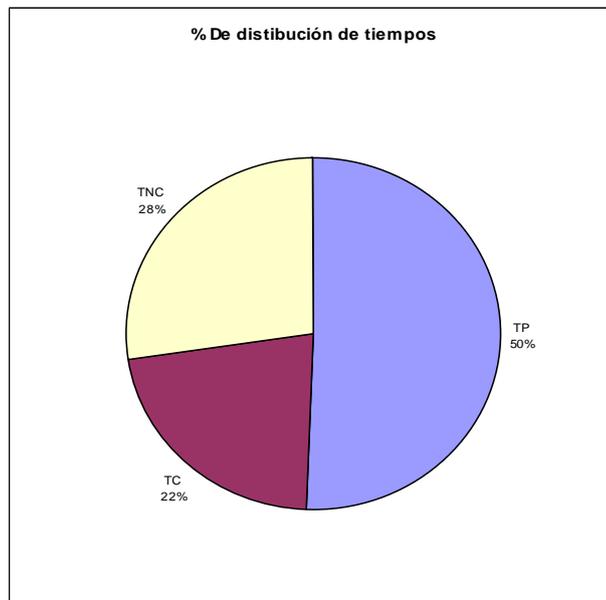


Figura 53 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, VIGAS

Sin lugar a dudas, evaluar una cuadrilla de más de 20 trabajadores complica el proceso de registro, debido a que hay que preocuparse de donde está cada trabajador, registrar la

actividad que realiza, preocuparse de no confundir a cada maestro, con lo que los periodos parecieran mucho más cortos pese a que el registro se hace con la mayor rapidez posible, esto implica anotar durante toda la medición. Lo poco accesible del lugar y los reducidos espacios dificultan aún más la observación.

El gráfico siguiente muestra la distribución porcentual en ocupación en faenas de instalación de moldajes realizados durante el periodo de evaluación

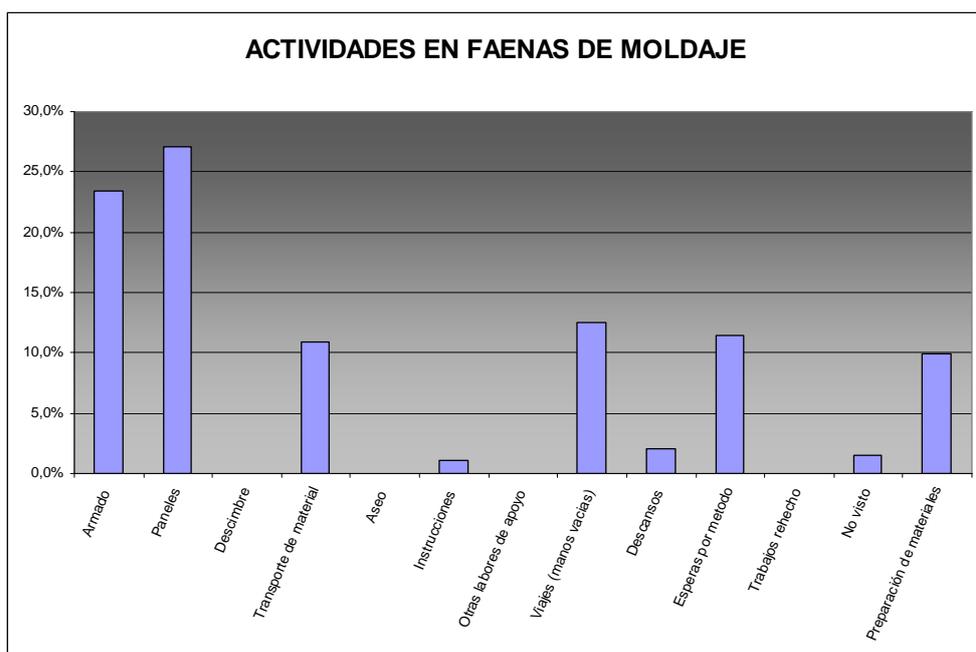


Figura 54 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, VIGAS

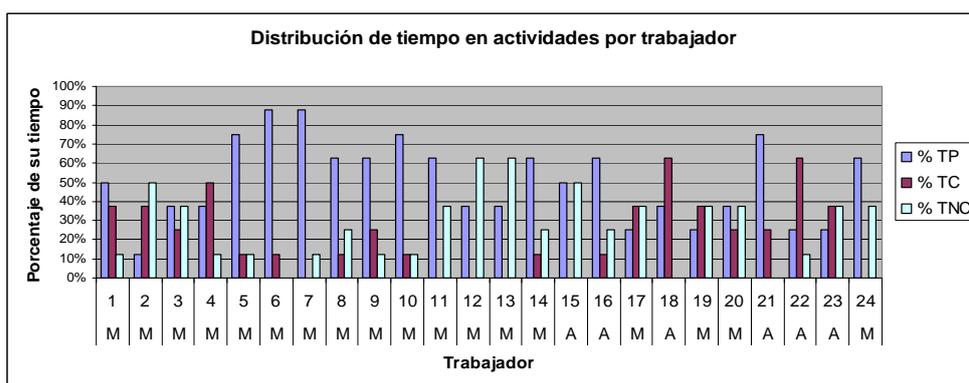


Figura 55 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR. PROYECTO III, VIGAS

Gran parte del tiempo se utiliza en "viajes con manos vacías", esto es debido a la sobredotación existente en la cuadrilla, además existen maestros en los cuales su trabajo no contributivo está por sobre el productivo y el contributivo.

Posteriormente la cuadrilla devolvió a los 6 trabajadores adicionales los cuales se reincorporaron a su cuadrilla original, y en el sector quedaron trabajando dos cuadrillas independientes, una con dieciocho trabajadores y la otra con diez, los gráficos de las respectivas cuadrillas se pueden ver en el ANEXO IV, sin embargo se debe mencionar que sus tiempos productivos aumentan .

PROYECTO IV. CONSTRUCCIÓN

Los siguientes datos fueron obtenidos durante la construcción de la losa de un centro comercial en el sur de nuestro país. Se trata de una losa de grandes dimensiones en la cual se empleó un nuevo sistema de moldajes PRO 4 el cual permite alcanzar productividades mayores a 1 m²/HH (productividad teórica), superiores a las productividades de otros sistemas de moldaje de losas para el mismo tipo de faena.

Además se tuvo la oportunidad de comparar a dos cuadrillas, una que estaba contratada por "la casa" a sueldo fijo y la segunda cuadrilla que pertenecía a un subcontrato, cuyos integrantes estaban contratados a trato, es decir, se les paga por metro cuadrado instalado.

La superficie total de losas ha sido subdividido 47 cuadrículas de 20 x 16 m. aproximadamente, tal como se muestra en el esquema. Las cuadrillas desplazan las torretas en el sentido de las flechas, en las fechas que corresponda (según planificación), de modo de aprovechar al máximo las características móviles del sistema de moldaje.

Subdivisión de superficie de losas en cuadrículas

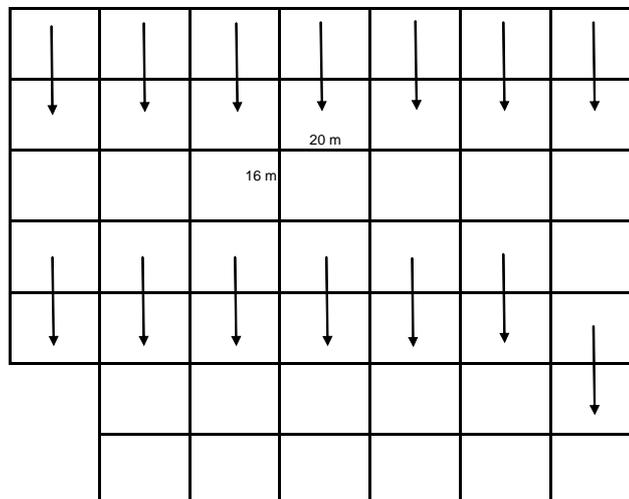


Figura 56 SUBDIVISIÓN DE SUPERFICIE DE LOSAS EN CUADRICULAS PARA PROYECTO IV

Cuadrilla Subcontrato

La cuadrilla está compuesta por:

- 17 trabajadores - 1 MM
- 4 A
- 12 M1

Actividades realizadas: El primer día trasladan 16 torretas, posicionándolas y nivelándolas donde corresponde, además se comienzan a tapar vigas de la cuadrícula donde se están posicionando las torretas y a tapar fondos de vigas de la cuadrícula siguiente. A las 19:00 horas del día siguiente está terminado las losas de la cuadrícula inicial y todos los fondos de la otra cuadrícula.

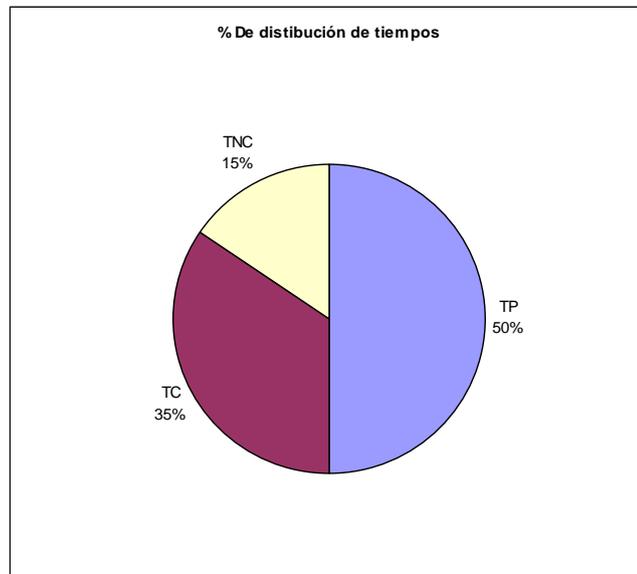


Figura 57 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO IV, SUBCONTRATO

El gráfico anterior muestra un alto nivel de uso del tiempo en labores contributivas, esto se debe a que este tipo de moldaje requiere desplazar torretas, lo que se realiza una vez que la loza ha alcanzado la resistencia suficiente. Como se trataba de ciclos que comprendían 16 torretas, el tiempo y disposición de personal es considerable.

Al observar el gráfico siguiente, se aprecia claramente el alto porcentaje destinado a "transporte de material"

En el ANEXO V es posible observar los gráficos de análisis de uso del tiempo por día.

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

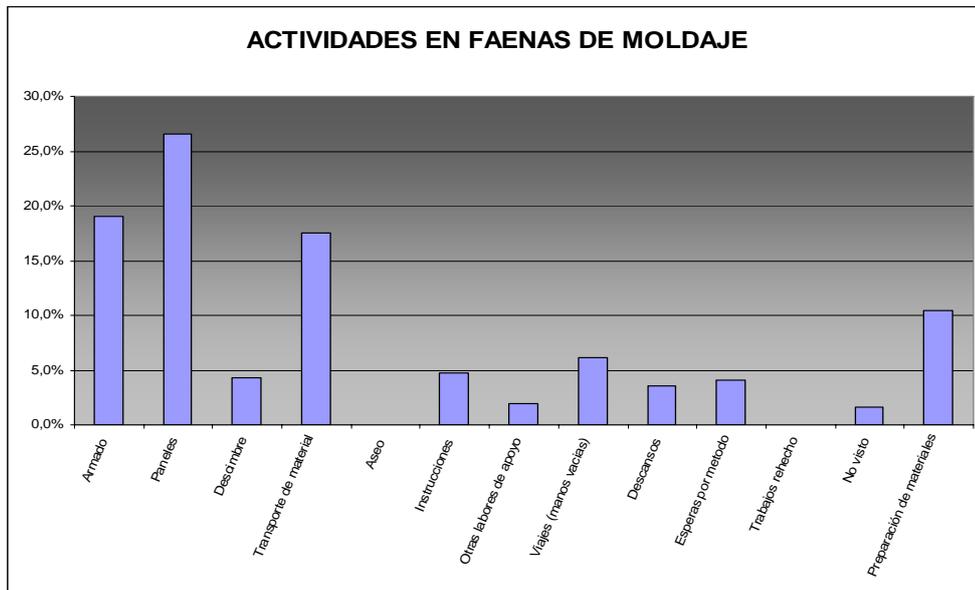


Figura 58 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO IV, SUBCONTRATO

El gráfico muestra la distribución del tiempo en actividades realizadas por cada trabajador

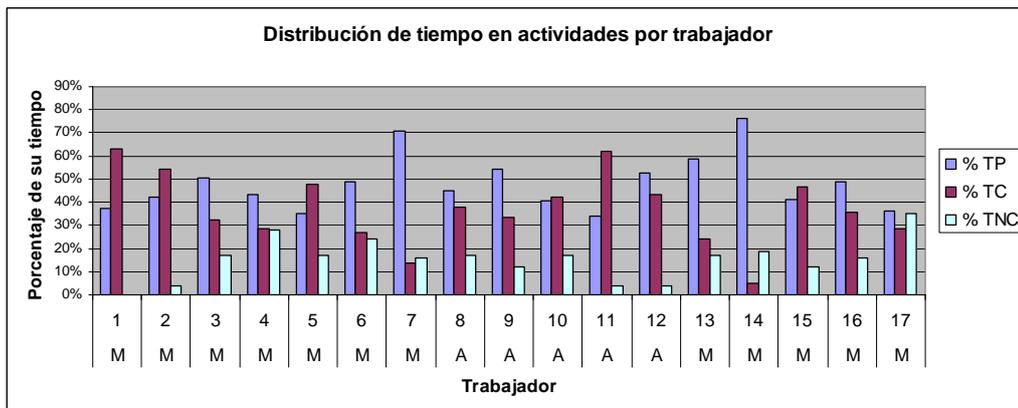


Figura 59 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO IV, SUBCONTRATO

Del gráfico anterior se aprecia que salvo tres maestros todos participan activamente en labores contributivas, incluso en algunos de ellos es una prioridad asignada (el traslado), otros sólo apoyan la etapa final del traslado.

Cuadrilla Interna

La cuadrilla está compuesta por:

15 trabajadores - 1 MM
- 3 A
- 11 M1

Actividades realizadas:

El primer día instalan los moldajes de 8 torretas (1/2 cuadrícula), al día siguiente corren 9 torretas y se comienzan a tapar.

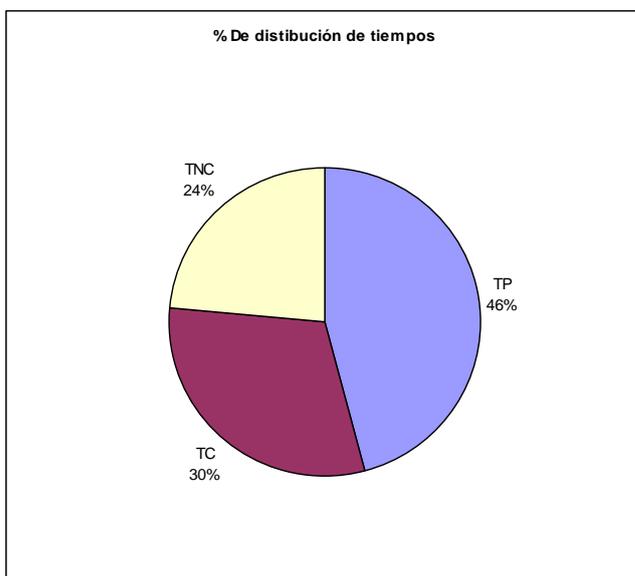


Figura 60 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO

Al igual que en la cuadrilla de subcontrato existe un alto porcentaje de tiempo en actividades contributivas, eso sí, en esta cuadrilla aumenta el trabajo no contributivo, lo cual se refleja numéricamente en su productividad.

El gráfico muestra la distribución porcentual del uso del tiempo según categorías por parte de los trabajadores

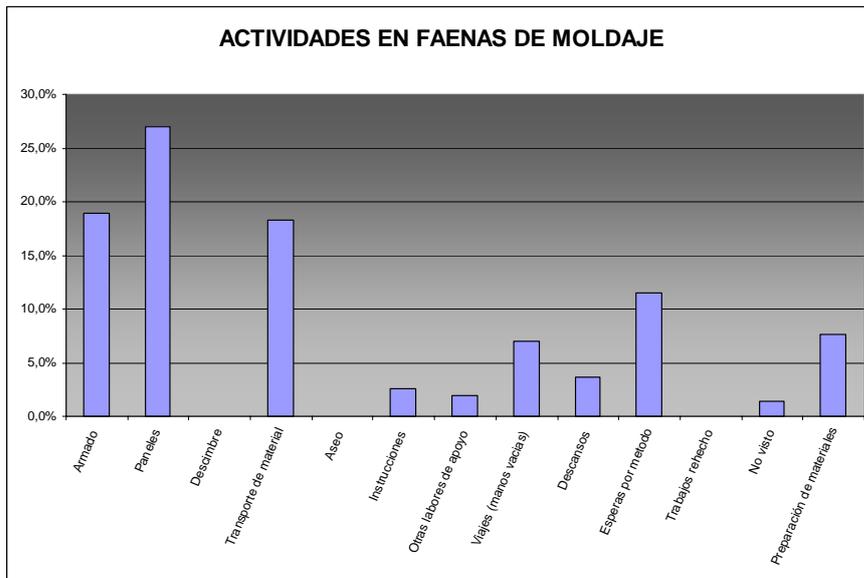


Figura 61 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO

El gráfico muestra la distribución del tiempo en actividades realizadas por cada trabajador

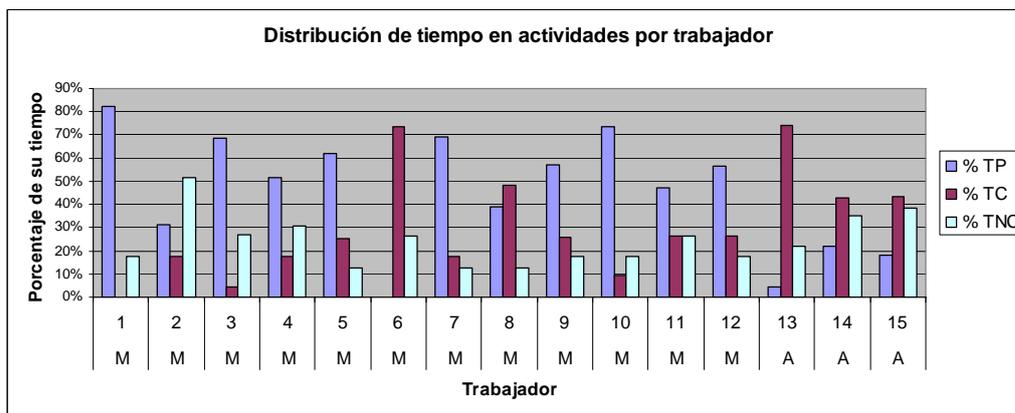


Figura 62 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO

Se aprecia que en algunos maestros existe una alta tasa de trabajo no contributivo, el cual se reparte principalmente entre "esperas por método", "descanso" y "viajes con manos vacías".

Al comparar el gráfico anterior con el correspondiente a la cuadrilla de subcontrato se observa que en la cuadrilla de "de la casa" hay menor cantidad de trabajadores apoyando las labores contributivas, en este caso menos apoyo al traslado de las torretas.

Aunque los porcentajes de tiempo productivos son bastante similares en ambas cuadrillas existe una diferencia considerable en tiempo destinado a tareas que no aportan

productividad (24% cuadrilla casa V/S 15% cuadrilla subcontrato) lo que adquiere mayor importancia si se considera que la cuadrilla subcontratada debió trasladar las torretas una mayor distancia lo que aumenta los desplazamientos con manos vacías. En tanto, en la cuadrilla interna su trabajo no contributivo se reparte entre descansos y esperas por método, estas últimas muchas veces evitables. La preparación de materiales (ver gráficos) tiene una incidencia directa en los metros cuadrados avanzados, incluso se podría cuestionar su inclusión en tareas productivas.

La principal diferencia entre ambas cuadrillas radica en el compromiso con las tareas asignadas, si a esto se le suma una marcada jerarquía por parte del maestro mayor y del capataz dentro de la cuadrilla junto con una buena asignación de tareas, se obtiene como resultado una buena productividad, lo que se refleja numéricamente. Los mejores resultados son consecuencia de una cuadrilla bien (o mejor) constituida, con un grupo de maestros que ya han trabajado juntos en varias ocasiones junto a un buen capataz. Pero, sin lugar a dudas, el tipo de contrato (a trato, es decir, se les paga según la cantidad de m² instalados) es también muy influyente.

Lamentablemente es muy complicado lograr resultados a corto plazo, por lo que se debe tomar medidas para una mejora a largo plazo.

La deficiente planificación influye como agente externo a las cuadrillas y repercute en la productividad lograda, dicha deficiencia se refleja en "falta de cancha" por parte de los enfierradores y en falta de radier que afecta notablemente en los desplazamientos de torretas (el sistema está diseñado para desplazarse sobre pequeñas ruedas) causando importantes pérdidas de tiempo y esfuerzo indebido por parte de trabajadores. En caso que la planificación considerase la no existencia de radier, se deberían haber tomado medidas para adaptar el sistema de desplazamiento.

Comparación numérica entre faena de subcontrato y cuadrilla interna

Análisis por cuadrilla y cuadrícula							
Días analizados =	2						
Total torretas por cuadrícula =	16						
m2 losa por cuadrícula =	288						
m2 viga por cuadrícula =	183						
Rendimiento teórico	1						
		INTERNA			SUBCONTRATO		
	#	%	m ²	#	%	m ²	
Torretas desplazadas	9	56,25%		16	100,00%		
Losas de torretas tapadas	8	50,00%	144	16	100,00%	288	
Vigas tapadas		50,00%	91,5		100,00%	183	
Fondos de losas		75,00%			200,00%		
HH totales (2 días)	407,5			340			
HH (martes)	221			170			
HH (miércoles)	186,5			170			
Rendimiento	1,7	HH/m ²		0,7	HH/m ²		
PRODUCTIVIDAD	0,6	m ² /HH		1,4	m ² /HH		
PF	1,7			0,7			

Figura 63 COMPARACIÓN NUMÉRICA ENTRE FAENA DE SUBCONTRATO Y CUADRILLA INTERNA

Los números son evidentes, pero se debe mencionar que la cuadrilla de subcontrato es una cuadrilla especializada, la cual se conoce y ha trabajado junta durante tiempo. En cambio la cuadrilla interna se está formando con gente traída de distintos sectores y en que algunos de sus integrantes son personas que no tienen experiencia en faenas de moldaje. Esto, junto a la diferencia entre tipos de contrato entre cuadrillas de subcontrato y cuadrilla interna son algunas de las causas de las diferencias que existen entre ellas.

Si bien es cierto el tipo de contrato influye en la eficiencia, se debe considerar que las cuadrillas contratadas a trato, es decir, que se les paga por m² instalado no se pueden disponer para labores diferentes y sólo se dedican a instalar moldajes. Esto es muy importante si se considera que en la construcción existen numerosas circunstancias que pueden afectar la planificación y en muchas ocasiones se necesita que los maestros de las cuadrillas apoyen en otras labores o faenas.

CAPITULO 5: COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAUSAS FRECUENTES DE IMPRODUCTIVIDAD

Al clasificar las causas frecuentes de baja productividad es posible ponderarlas según su frecuencia de ocurrencia durante las evaluaciones de cuadrillas.

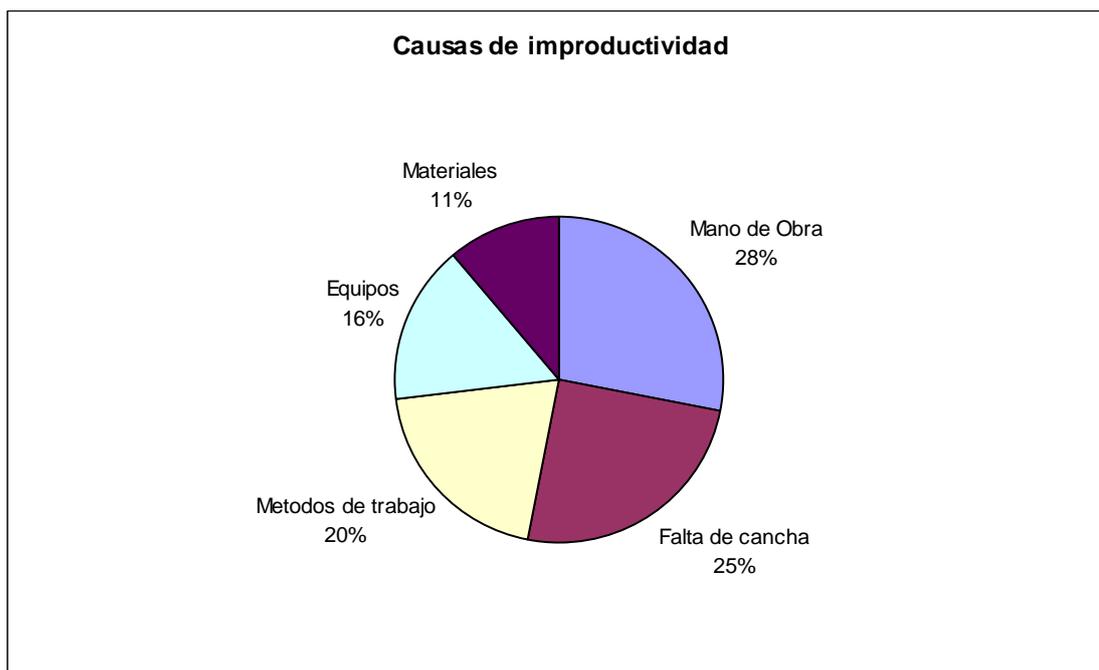


Figura 64 CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD

Al desglosar las causas mostradas en el gráfico anterior se obtiene lo siguiente:

Falta de Cancha	25%
Retraso o falta de enfierradores	80%
Imposibilidad de acceso acumulación de materiales	5%
Ejecución de otras labores en el mismo lugar	10%
Falta de aseo	5%
Mano de Obra	28%
Falta de planificación a nivel de cuadrilla	20%

Falta de especialización	20%
Sistema de pago	14%
Composición de la cuadrilla (maestros transportan materiales)	25%
Trabajo rehecho (poca previsión de capataz)	5%
Falta de planificación para aprovechar grúa	5%
Tiempo ocioso por exceso de trabajadores	8%
Falta de compromiso en trabajadores	3%
Materiales	11%
Falta de materiales (tableros para losa)	28%
Falta de materiales (mala coordinación con bodega)	32%
Distribución interna	40%
Equipos	16%
Falta de disposición de grúa	55%
Retrasos en arribo de equipos	10%
Equipos llegan en mal estado	20%
Uso indebido de equipos de moldaje	15%
Métodos de trabajo	20%
Entorpecimiento por faenas simultaneas	15%
Cuadrillas sin orden jerárquico	55%
Traslapo o cambio de turnos	30%

Para obtener una mayor claridad de las causas de mayor importancia se muestra gráficamente el desglose, pero en forma general, es decir, no separados por categoría.

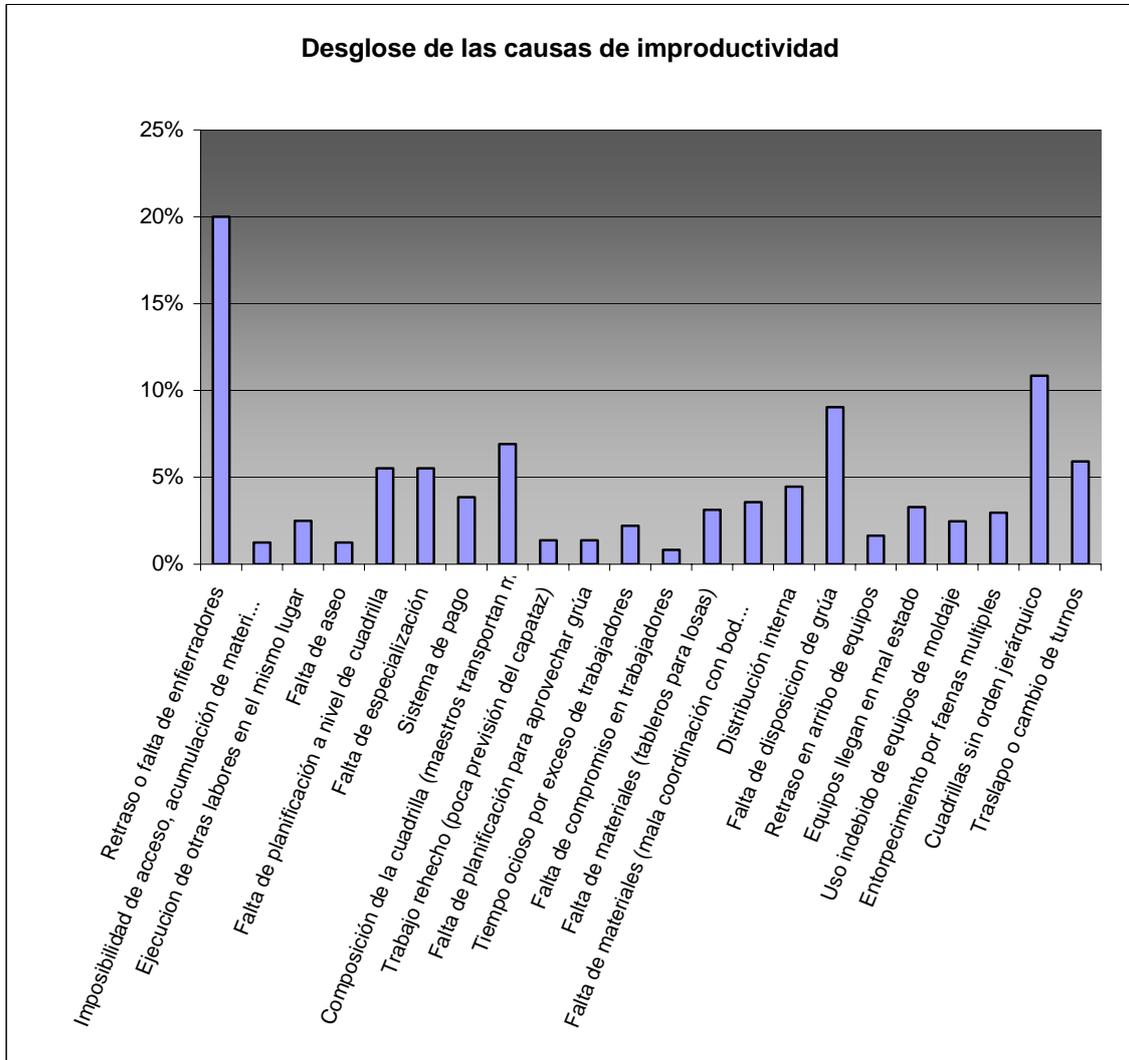


Figura 65 DESGLOSE DE LAS CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD

El gráfico anterior puede se ordenado en forma creciente y mostrar la suma acumulada de las causas de improductividad (Gráfico de Pareto).

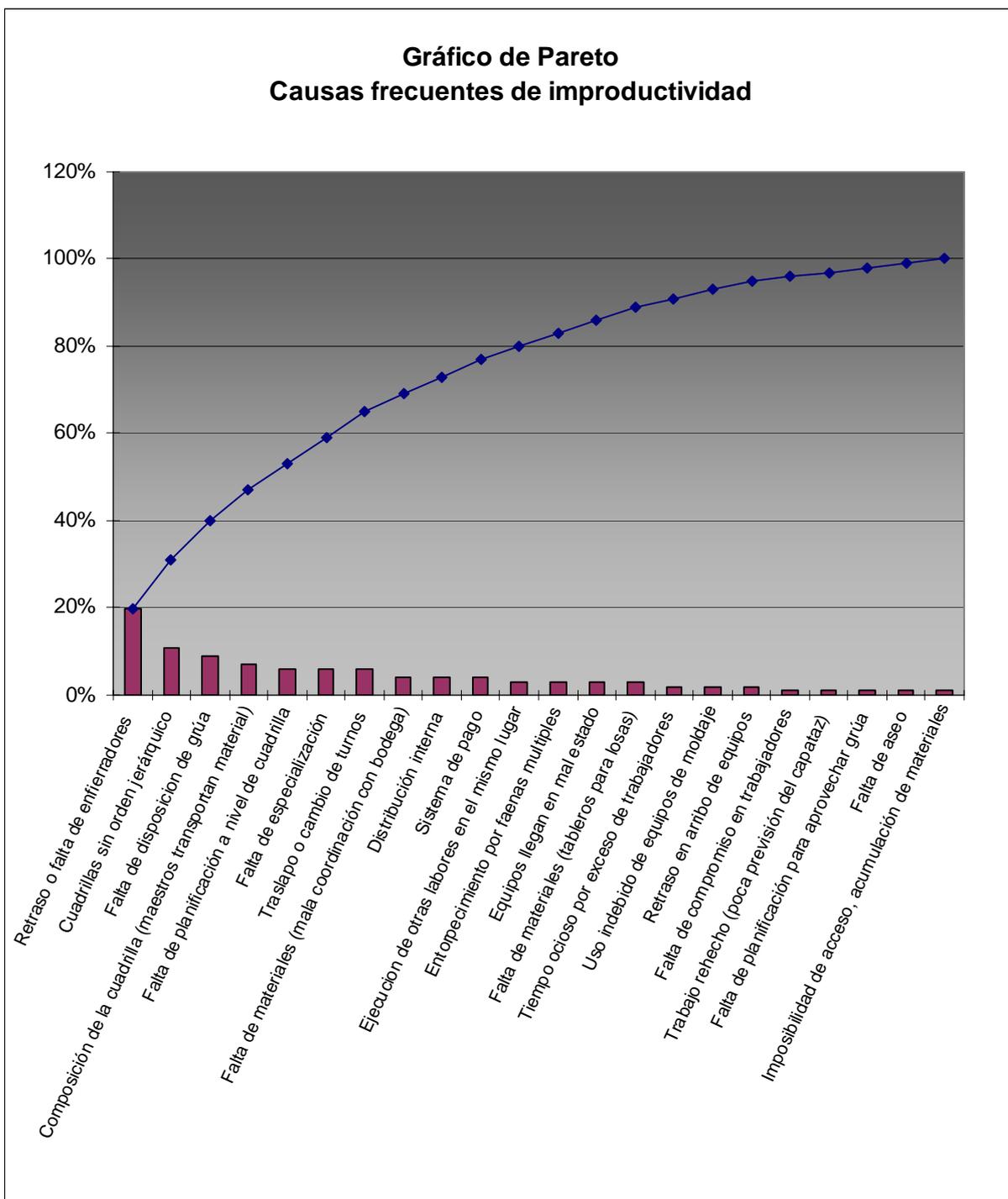


Figura 66 GRÁFICO DE PARETO, CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD

Al observar el gráfico anterior se aprecia que el 50% de las causas contribuyen más del 80% de la inproductividad. Es decir, la mitad final de causas (desde "equipos llegan en mal estado" hasta "imposibilidad de acceso por acumulación de materiales") son despreciables frente al primer tramo.

Una forma de visualizar los problemas frecuentes que se daban en las diferentes cuadrillas durante los periodos de medición y que resume el tramo de mayor aporte del gráfico anterior, es a través de un diagrama causa-efecto, donde no se pretende dar solución al problema, sino, relacionar un efecto con las posibles causas que lo provocan.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA – EFECTO)

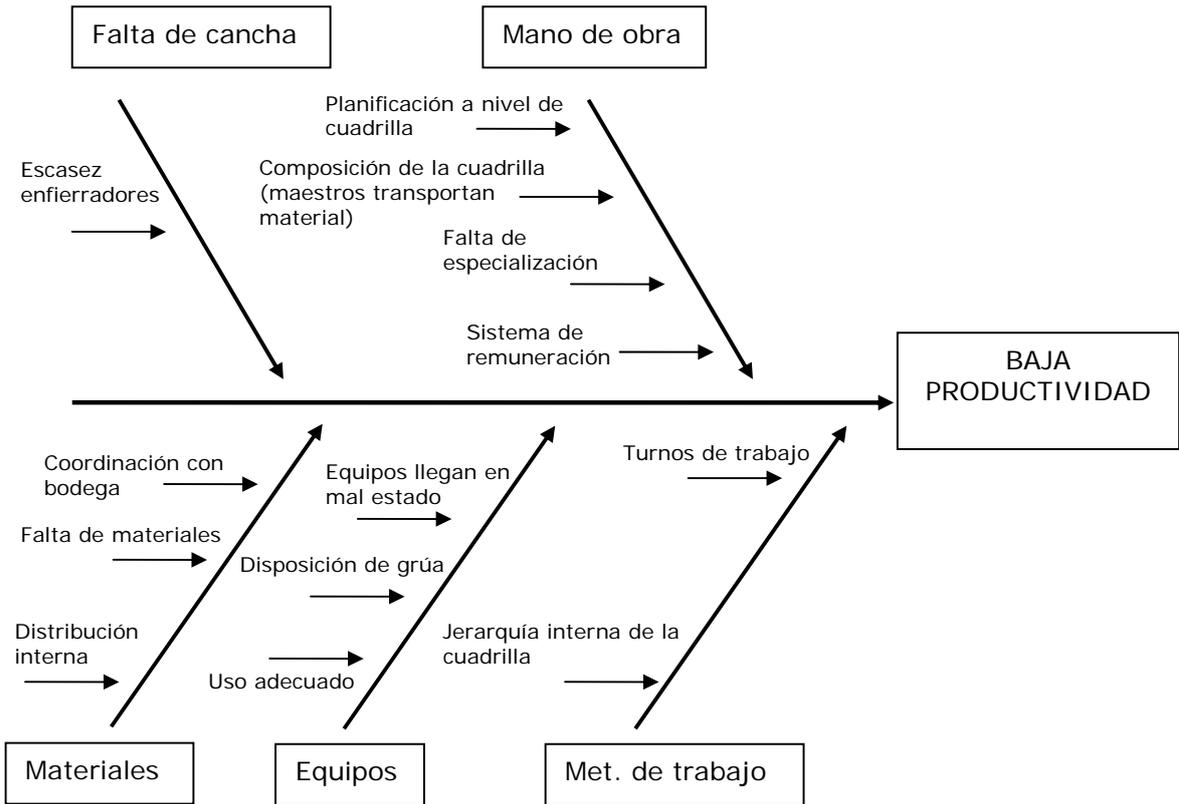


Figura 67 DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA – EFECTO)

La FALTA DE CANCHA se debe a escasez de enfierradores y que afectó la productividad en: Muros en Proyecto I, Muros en Proyecto II, Muros en Proyecto III, Losa en Proyecto IV y Losa en Proyecto III.

Generalmente los maestros enfierradores están contratados a trato, es decir les pagan según la cantidad de fierro que instalen durante el día, por esta razón, dichos maestros trabajan en las estructuras que incluyen gran cantidad de fierro. En el resto de las estructuras trabajan escasos maestros por lo que sus avances son muy lentos y repercuten en el resto de las faenas.

Se debe mejorar las condiciones y compromisos con el subcontrato de maestros enfierradores, de modo de corregir algunas condiciones, como las descritas en el párrafo anterior, que repercuten en el resto de las faenas afectando la productividad general.

La MANO DE OBRA es un problema cuando hay una deficiente planificación interna de la cuadrilla, por ejemplo en los muros de una sala eléctrica en el Proyecto II, el capataz coordinó la instalación del moldaje de un muro de grandes dimensiones, pero una vez que había terminado se percató que había olvidado los cortes para el hormigón, por lo cual tuvo que descimbrar, hacer los cortes y volver a instalar. En otra circunstancia un capataz dirigió maniobras complicadas y lentas con grúa para subir unos paneles prearmados y cuando estos estaban listos para ser instalados se percataron que habían prearmado erróneamente los paneles.

Cuando se tiene muchos ayudantes realizando labores de maestro carpintero o simplemente cuando se tiene maestros sin experiencia en moldajes, ocurre que la mano de obra poco especializada es una causa de baja productividad.

El sistema de remuneración también influye, en el Proyecto IV existía una marcada diferencia de disposición y de motivación entre los maestros que estaban a sueldo fijo con los que trabajaban a trato, los gráficos muestran claro que los descansos, viajes y esperas son mayores en trabajadores que no pertenecían a subcontrato.

Se debe tender a una especialización de la mano de obra y lograr una fidelización del trabajador.

Durante las mediciones no faltó MATERIAL, salvo en una de las faenas del Proyecto III en que un camión que traía placas para las losas se retrasó y afectó la productividad de un día.

En cada obra existe una bodega de moldaje o por lo menos un sector en donde se juntan los equipos. En la medida que una cuadrilla va necesitando los equipos de moldaje estos son solicitados y transportados por los integrantes de la misma cuadrilla, idealmente el transporte debería ser realizado por ayudantes, lo que no siempre es así. Por ejemplo en el Proyecto III había una faena que se encontraba bastante alejada del resto de las instalaciones y cuando faltaba algún panel o alguna herramienta debían caminar largas distancias para su transporte, los niveles productivos de esa cuadrilla eran buenos, pero podrían haber sido mejores. Ocurría lo mismo con los maestros instaladores de moldaje de pedestales que ocupaban bastante tiempo en traslado de los paneles.

Cuando una cuadrilla cambia de ciclo de instalación de moldajes o por algún motivo necesita equipos o materiales extras, son los mismos maestros los que deben ir a bodega a buscar lo solicitado y muchas veces se trata de equipos pesados, lo que provoca exceso de viajes o exceso de maestros en labores de traslado, quitando tiempo a labores productivas. Las bodegas debiesen tener la programación y los avances en la instalación de moldajes, de modo de anticiparse a las necesidades que presentaran las cuadrillas y así poder realizar un despacho coordinado y anticipado. Esta labor debiese ser realizada por gente de bodega o por los profesionales de moldaje.

Para que los EQUIPOS den un máximo de prestación es necesario que se utilicen correctamente, por lo general, es lo que ocurre. Sin embargo, atrasos, imprevistos o simplemente mala planificación pueden impedir que se tengan las mejores condiciones para el uso de los equipos, por ejemplo en las losas del Proyecto IV se disponía de moldaje EFCO PRO 4 con mesetas que se desplazan sobre pequeñas ruedas, sin embargo la falta de radier o adaptación en el sistema de ruedas (que permitiese desplazarse de manera menos incomoda sobre ripio) impedía un cómodo y libre traslado de las mesas, repercutiendo en los tiempos utilizados en transporte y en el desgastes del personal.

La rotación de paneles es muy importante para la obtención de buenos niveles de productividad. En edificios habitacionales no es complicado medir la reutilización de los paneles, ya que ciclos completos son descimbrados y movidos al siguiente. En el caso de obras industriales, donde se utilizan diferentes tipos de moldaje en muchos frentes de trabajo simultáneamente, llevar un registro diario de utilización de piezas, no es una tarea simple, es una tarea que requiere mucho orden y no en todas las obras existe un debido control. Un registro adecuado de utilización de piezas podría traspasar, compartir o complementar equipos con otras cuadrillas, sobre todo en proyectos de grandes dimensiones en donde trabajan varias cuadrillas en forma simultanea y donde el supervisor de cuadrillas

de moldaje está en constante comunicación con los capataces, por lo que podría ser la persona indicada para llevar este registro.

LOS METODOS DE TRABAJO tienen relación con la forma de enfrentar las labores diarias, una escala jerárquica establecida puede marcar la diferencia entre una cuadrilla eficiente y una de menor eficiencia. Por ejemplo, una de las mejores cuadrillas evaluadas, fue un sub-contrato en el Proyecto IV en que el capataz y el maestro mayor se complementaban muy bien y tanto ayudantes como maestros respetaban y realizaban las tareas que a ellos se les asignaban. Sin embargo, para que esto se cumpla se requiere de cuadrillas especializadas en el tiempo. Caso contrario ocurre en cuadrillas que trabajan juntas por primera vez, en que no había un completo respeto por maestros mayores ni por capataces y donde faltas de compromiso solían ocurrir.

Sistemas de turnos dispares pueden causar desordenes que se traducen en improductividad, en el caso del Proyecto II donde existían dos tipos de turnos, uno para trabajadores del sector y otro para los trabajadores foraneos, compatibilizar turnos 11 x 3 con turnos 6 x 1 desestabiliza de manera considerable a las cuadrillas, quedando equipos reducidos y capataces con distintos subordinados.

La siguiente gráfica muestra un resumen del uso del tiempo en actividades similares o comparables obtenidos en las diferentes obras visitadas.

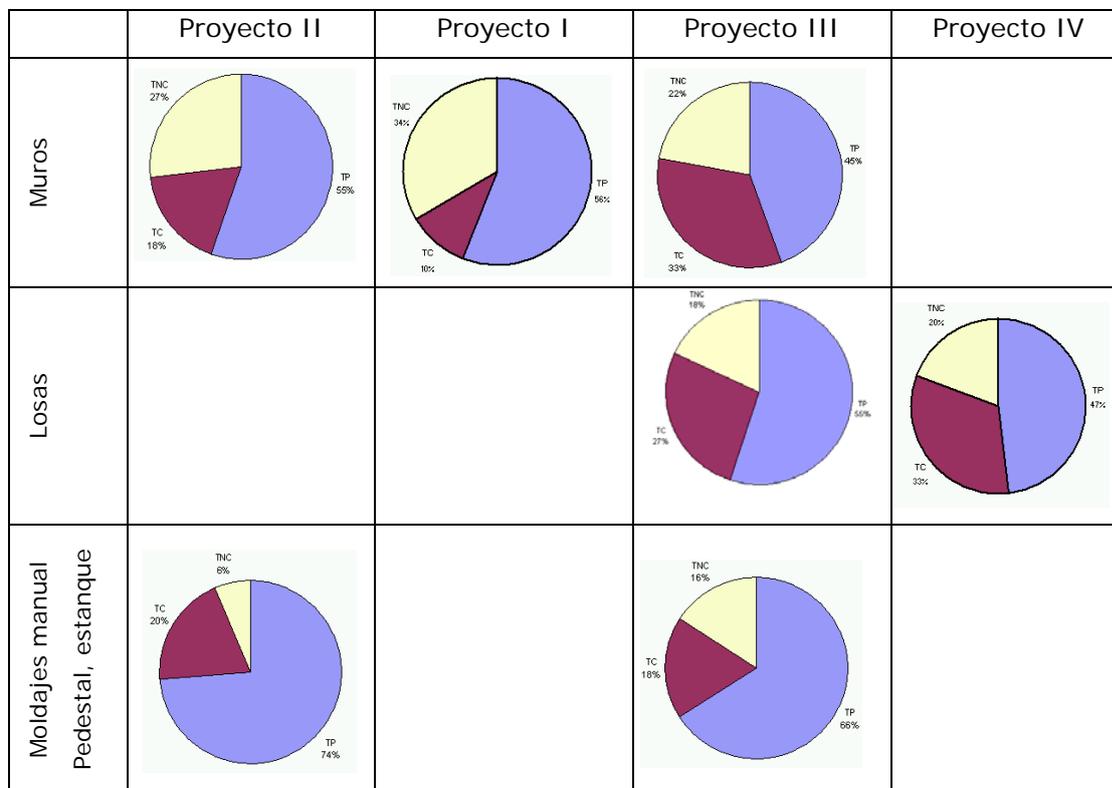


Figura 68 RESUMEN DEL USO DEL TIEMPO EN ACTIVIDADES SIMILARES O COMPARABLES

Para realizar comparaciones entre distribución del tiempo se debe comparar faenas similares que utilicen tipos de moldajes similares.

En muros:

En las instalaciones de moldaje de muro se utilizaba moldaje pesado, el cual debía ser instalado con grúa. Tanto en el proyecto III como en el II se utilizaba grúa móvil, en el proyecto I se utilizaba grúa torre, pero el resto de las condiciones eran similares.

Salvo la instalación de moldaje de muros del Proyecto III, el resto presenta una distribución similar en cuanto a usos de tiempo. Además los gráficos de instalación de moldajes de vigas grandes y en altura, como las estudiadas en el Proyecto III, presentan distribución similar a la de muros (con grúa de apoyo).

En losas:

Pese a que los sistemas de moldajes utilizados son muy diferentes en cuanto a sus características de instalación, rendimientos teóricos y reales, y costos de arriendos, la

distribución en usos de tiempos presentan patrones similares. Otra similitud es que ambos tipos de moldaje son manuales.

Manuales:

Pese a que los gráficos comparados pertenecen a faenas diferentes (por un lado fundaciones de estanque circulares y por otro pedestales) tales actividades presentan características similares en cuanto a costos y a trabajabilidad, ya que se trata de moldaje liviano que requiere instalación manual y además presentan características semejantes en cuanto a distribución de tiempos.

COMENTARIOS FINALES

Respecto a los óptimos propuestos por el SPG, cuando se utiliza grúa para instalación de moldaje es cuestionable el porcentaje de TNC = 15%, ya que las esperas por métodos que se producen hacen crecer este valor y estas esperas son poco evitables, por lo cual el TNC óptimo debiese ser mayor.

Dentro de las mejoras que han dado resultado es la incorporación de supervisores solo para el área moldaje, de modo que pueden coordinar efectivamente entre cuadrillas que supervisan, además de hacerlo con el resto de los supervisores de área, inyectando mayor agilidad al desarrollo de la actividad.

Respecto a los tipos de moldajes se verificó que algunos de ellos obtienen productividades aceptables solo con el uso de grúa y que en algunas faenas resultó cuestionable la elección de dicho tipo de moldaje ya que muchas veces no se disponía este elemento (grúa), no solo porque el requerimiento no fue hecho a tiempo, sino que en algunas ocasiones se dio prioridad a otras faenas, entonces ¿qué pasa con el tiempo en que los trabajadores no disponen de la grúa que necesitaban? La respuesta es que trabajan y obtienen buenos porcentajes de distribución del tiempo en tareas productivas (instalan a mano el moldaje pesado), pero escasos metros cuadrados instalados. Sin embargo, para que esta observación a la "correlación de productividad con avance" sea válida se debe comparar con las planificaciones a nivel general de la Obra.

Como disponer de grúas es muy caro, se podría prever situaciones similares a las del párrafo anterior y evaluar económicamente la opción de contar con stock de moldaje manual que permita aumentar la productividad en estas circunstancias.

Respecto a cuadrillas: Se podría usar de modelo a aquellas que han tenido buen funcionamiento y a través de ese resultado definir el número de integrantes, el nivel de especialización de estos y proporción numérica de maestros y ayudantes, pero se debe tener claro que es necesario dividir y diferenciar entre tipos de obras (montaje industrial, edificios habitacionales, construcciones mineras, etc.). De este modo, crear una base de datos que relacione estas variables y otras, tales como equipos, recursos humanos, variables económicas, composición interna de las cuadrillas y que entregue posibles soluciones a futuras faenas.

Como resultado de las mediciones y ejemplo a lo anterior se puede mencionar las siguientes cuadrillas:

En el edificio habitacional 13 trabajadores; 2 ayudantes, 10 maestros carpinteros y un capataz. Pese a los buenos resultados (m² instalados) presentan 3 maestros con TNC elevado. Podría probarse en este tipo de obras y bajo similares condiciones (tipo de contrato, ciclos repetitivos, tipo de moldaje y tipo de faena) una cuadrilla con 2 ayudantes, un capataz y 7 u 8 maestros, dependiendo de una previa evaluación económica que considere la reducción del TNC que generan estos 3 trabajadores, pero también la reducción de TC y TP. Además debe considerar la reducción en costos por personal.

Otro ejemplo es la cuadrilla de losas en el Proyecto III, compuesta por 14 maestros carpinteros y un capataz. Pese a sus buenos resultados presentan 3 maestros dedicados exclusivamente a tareas contributivas. Podría probarse en este tipo de obras y bajo similares condiciones (tipo de contrato, ciclos repetitivos, tipo de moldaje y tipo de faena) una cuadrilla con 12 maestros, 2 ayudantes y un capataz.

También presenta un buen funcionamiento la cuadrilla que instalaba moldajes de fundaciones de estanques circulares. La cuadrilla estaba formada por 7 maestros carpinteros, 3 ayudantes y un capataz.

El sistema de medición instaurado cumple con los objetivos propuestos, ya que identifica problemas, pérdidas y entrega una visión clara del funcionamiento interno y de desempeño de la cuadrilla en cuestión.

El sistema permite tomar decisiones claras frente a la cuadrilla evaluada, por ejemplo, identifica a maestros en labores de ayudantes, lo que genera cambios en la composición interna de cuadrillas y con ello, descensos en los costos. Además cuando se contraponen cuadrillas similares, se marcan las diferencias que hacen que una produzca más que otra. Esta comparación nos permite detectar:

- tiempo utilizado en faenas no productivas o mal uso de este
- Identificar trabajadores, ya sea, buenos o malos
- permite obtener cuadrillas modelos las que pueden contribuir a generar una base de datos, útil para futuros trabajos y entrega información que puede ser transmitida al capataz sobre cuales son los puntos que debe potenciar y/o mejorar.
- Causas de improductividad
- Tomar medidas que bajen costos

Es posible agilizar la toma y obtención de resultados mediante la programación del sistema y expandir su uso a otras especialidades. Pero se debe entender como una herramienta que aparte de entregar luces de solución para problemas puntuales en obras, contribuye a la detección de cuadrillas óptimas, ya que permite concluir sobre la composición interna de la cuadrilla y su relación con un determinado tipo de moldaje.

Se debe evaluar económicamente la posibilidad de disponer de un encargado, no necesariamente profesional, que realice toma de datos en etapas claves de las obras o en periodos determinados, de modos que los datos reunidos sean analizados por los profesionales del área. O simplemente, que las muestras sean realizadas por alguno de los profesionales de terreno del área moldaje, ya que estas pueden ser realizadas en días claves y sólo sobre las cuadrillas que presenten menores factores de productividad.

6.- TABLA DE IMÁGENES

Figura 1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE MANUAL	13
Figura 2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE PESADO	14
Figura 3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA DESCIMBRE.....	15
Figura 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INSTALACIÓN DE MOLDAJE DE LOSA	17
Figura 5 TABLA DE CATEGORIAS Y CLASIFICACIONES.....	19
Figura 6 GRÁFICO DE VALORES PROMEDIOS DE TP, TC Y TNC PARA DIFERENTES TIPOS DE OBRAS. 20	
Figura 7 ESCALA APROXIMADA DE SUELDOS BRUTOS.....	21
Figura 8 COSTO POR FAENAS Y SEGÚN NÚMERO DE INTEGRANTES	22
Figura 9 TABLA DE IMPORTANCIA POR CLASIFICACIÓN.....	22
Figura 10 TABLA DE OPTIMOS PROPUESTOS POR SERVICIO DE PRODUCTIVIDAD Y GESTION.....	23
Figura 11 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, MUROS	23
Figura 12 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, LOSAS	24
Figura 13 TABLA DE COSTOS UNITARIOS PARA CUADRILLA PROMEDIO, MOLDAJE MANUAL.....	24
Figura 14 PLANILLA PARA TOMA DE DATOS.....	29
Figura 15 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO POR DÍAS PARA PROYECTO I.....	32
Figura 16 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO EN DÍAS EVALUADOS PARA PROYECTO I	32
Figura 17 DISTRIBUCIÓN PROMEDIO DE OCUPACIÓN EN FAENAS DE MOLDAJE PARA PROYECTO I..	33
Figura 18 DISTRIBUCIÓN PROMEDIO DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJDOR PARA PROYECTO I.....	33
Figura 19 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO EN DÍAS1 Y 2 PARA MUROS DE PROYECTO II.....	35
Figura 20 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 1	37
Figura 21 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 2.....	38
Figura 22 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJDOR PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 1	38
Figura 23 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DENTRO DE LABORES NO CONTRIBUTIVAS. PROYECTO II, MUROS, DÍA 1	39
Figura 24 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJDOR PARA PROYECTO II, MUROS, DÍA 2	39
Figura 25 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DENTRO DE LABORES NO CONTRIBUTIVA. PROYECTO II, MUROS, DÍA 2.....	40
Figura 26 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, MUROS TERCERA MEDICIÓN	40
Figura 27 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS PARA PROYECTO II, MUROS TERCERA MEDICIÓN	41
Figura 28 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJDOR PARA PROYECTO II, MUROS, TERCERA MEDICIÓN.....	42
Figura 29 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, MUROS, TERCERA MEDICIÓN.....	43
Figura 30 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, PEDESTALES	45

<i>Figura 31 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, PEDESTALES</i>	465
<i>Figura 32 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, PEDESTALES</i>	46
<i>Figura 33 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO SEGÚN HORA DEL DÍA PROYECTO II, PEDESTALES</i>	476
<i>Figura 34 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, PEDESTALES</i>	47
<i>Figura 35 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES....</i>	48
<i>Figura 36 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES</i>	49
<i>Figura 37 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, DESCIMBRE PEDESTALES</i>	49
<i>Figura 38 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO II, ESTANQUES.....</i>	51
<i>Figura 39 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO II, ESTANQUES.....</i>	52
<i>Figura 40 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO II, ESTANQUES</i>	52
<i>Figura 41 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO II, ESTANQUES</i>	53
<i>Figura 42 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, LOSA.....</i>	54
<i>Figura 43 TABLA QUE RELACIONA MEJORAS EN TP CON FACTOR DE PRODUCCIÓN.....</i>	554
<i>Figura 44 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, LOSA</i>	565
<i>Figura 45 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, LOSA.....</i>	56
<i>Figura 46 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR CLASIFICACIÓN PARA PROYECTO III, LOSA...</i>	57
<i>Figura 47 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, CON GRÚA V/S SIN GRÚA...</i>	58
<i>Figura 48 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, CON GRÚA.</i>	59
<i>Figura 49 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, SIN GRÚA..</i>	59
<i>Figura 50 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, CON GRÚA.</i>	59
<i>Figura 51 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO III, SIN GRÚA...</i>	61
<i>Figura 52 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO III, VIGAS.....</i>	61
<i>Figura 53 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO III, VIGAS.....</i>	62
<i>Figura 54 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR. PROYECTO III, VIGAS.....</i>	62
<i>Figura 55 SUBDIVISIÓN DE SUPERFICIE DE LOSAS EN CUADRICULAS PARA PROYECTO IV.....</i>	642
<i>Figura 56 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO IV, SUBCONTRATO</i>	65
<i>Figura 57 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO IV, SUBCONTRATO.....</i>	66
<i>Figura 58 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO IV, SUBCONTRATO</i>	66
<i>Figura 59 DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL TIEMPO PARA PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO.....</i>	67
<i>Figura 60 DISTRIBUCIÓN USO DEL TIEMPO EN OCUPACIÓN EN FAENAS. PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO.....</i>	68

<i>Figura 61 DISTRIBUCIÓN DE USO DEL TIEMPO POR TRABAJADOR PARA PROYECTO IV, NO SUBCONTRATO.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 63 COMPARACIÓN NUMÉRICA ENTRE FAENA DE SUBCONTRATO Y CUADRILLA INTERNA.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 64 CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 65 DESGLOSE DE LAS CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 66 GRÁFICO DE PARETO, CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 67 DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA – EFECTO).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 68 RESUMEN DEL USO DEL TIEMPO EN ACTIVIDADES SIMILARES O COMPARABLES.....</i>	<i>79</i>

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Alarcón, LF., "Construcción sin pérdidas: la aplicación de nuevas filosofías de producción en la construcción" Revista BIT, corporación de investigación de la construcción, Vol 1, N°2, Noviembre, 1994
- 2.- Manríquez, RP., "Productividad en obras de construcción habitacional", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 2002
- 3.- Serpell, A., Verbal, R., Martínez, LF., "Estudios de Productividad en la construcción" Revista Ingeniería de construcción, N° 7, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, abril 1975.
- 4.- Serpell, A., Alarcón LF., "Estudio de las operaciones y sistemas constructivo de la obra parque San Francisco", Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Marzo 1996.
- 5.- Serpell, A., "Administración de operaciones de construcción", Pontificia Universidad Católica de Chile, 1993
- 6.- Alarcón, LF., "Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción", pp.37-45, Revista Ingeniería de Construcción, N°15, Enero-Junio, 1997
- 7.- Moena, IJ., "Pérdidas de materiales en obras de construcción de viviendas; propuesta de administración de desperdicios", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Octubre 2005.
- 8.- Majluf, V., "Aumentos de Productividad en la construcción, Muere el Mito, triunfa la Realidad", Revista BIT, Septiembre 2002.
- 9.- Reportaje, "Índice de Productividad en la Construcción, ¿Mito o realidad?", Revista BIT, Junio, 2001.
- 10.- <http://www.myath.cl/> (Hünnebeck en Chile, Sistemas de encofrados para la Construcción)
- 11.- <http://www.efcoforms.com/> (EFCO, Sistemas de encofrados para la Construcción)

13.- <http://www.peri.cl/prod2.htm> (PERI Chile Ltda., Sistemas de encofrados y andamios)