

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Civil

Medición de índices de obra
en el proyecto Real Sitio de Aranjuez

Trabajo de graduación presentado por Diego Miguel Donis
González para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Civil

Guatemala

2,005

**Medición de índices de obra
en el proyecto Real Sitio de Aranjuez**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Civil

Medición de índices de obra
en el proyecto Real Sitio de Aranjuez

Trabajo de graduación presentado por Diego Miguel Donis
González para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Civil

Guatemala

2,005

Vo.Bo.:



f)

Ing. Paúl Alejandro Sandoval Solórzano

Tribunal:

f) 

Ing. Carlos Alejandro Maldonado Lutomirsky

f)



Ing. Paúl Alejandro Sandoval Solórzano

f)



Ing. Manuel José Fernández Mollinedo

Guatemala, diciembre 8 del 2,005

PREFACIO

Existe una frase que se utiliza mucho en el ámbito de la Administración de Proyectos, y que resume en sí la función de un buen administrador: “No se puede administrar lo que no se puede medir”. Siguiendo este precepto, surgió la inquietud de realizar un trabajo de campo de medición de índices en el proyecto Real Sitio de Aranjuez, en el cual estoy laborando.

Hoy en día, existe una corriente bastante fuerte hacia alcanzar la eficiencia del trabajador, que a su vez proveerá un alto rendimiento y funcionamiento a los empleadores, en nuestro caso a las compañías constructoras. Lo que se busca alcanzar es brindarle todo lo necesario al trabajador, para que éste pueda desempeñar su trabajo de la mejor manera posible. Esto implica que todos los grupos de trabajo que se relacionan con el proyecto, ya sea directa o indirectamente (proveedores, ingenieros, oficina, etc.), deben laborar en armonía para alcanzar dicha meta.

El presente estudio está orientado a todos los profesionales que se involucran en la Administración de Proyectos y que están comprometidos con la idea de hacer más eficiente el rendimiento de su mano de obra.

Agradezco al Ing. Paúl Sandoval, quien es el ingeniero residente del proyecto y también asesor de este trabajo de graduación, por su profunda colaboración, paciencia y conocimiento, siempre a disposición para la elaboración de este estudio. Agradezco también al Ing. Vicente Jó por brindarme guías bibliográficas y literatura sobre el tema. Mis agradecimientos llegan también al Ing. Franklin Matzdorf Monroy, Director del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle de Guatemala, quien durante los cinco años que he permanecido en mi alma mater, me ha brindado su apoyo, comprensión y conocimientos en aras de alcanzar la excelencia académica.

ÍNDICE

PREFACIO.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
A. Objetivos Generales.....	2
B. Objetivos Específicos.....	2
III. LA PRODUCTIVIDAD Y LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	3
A. Características de la industria de la construcción.....	3
1. Curva de aprendizaje limitada.....	3
2. Influencia de las condiciones climáticas.....	4
3. Trabajo permanente bajo presión.....	4
4. Fragmentación del proyecto e incentivos negativos.....	4
5. Poca capacitación.....	5
6. Relaciones opuestas entre participantes de los proyectos.....	5
7. Deficiente planificación o ausencia de la misma.....	6
8. Actividad basada en la experiencia.....	6
9. Falta de investigación y desarrollo.....	6
10. Actitud mental del sector.....	6
B. Comparación entre la industria de la construcción con la producción industrial.....	7
1. Características similares de la construcción y la industria.....	7
a. Procesos de producción en serie y repetitivos.....	7
b. Productos pequeños pero en grandes cantidades o volúmenes.....	7
c. Ciclos cortos y repetitivos de producción.....	7

2.	Diferencias entre la construcción y la industria.....	8
C.	Conceptos de productividad en la construcción.....	8
1.	Definición de productividad.	9
a.	Concepto ampliado de productividad en la construcción.....	9
2.	Diferentes tipos de productividad en la construcción.....	10
a.	Productividad de los materiales.....	10
b.	Productividad de la maquinaria.....	10
c.	Productividad de la mano de obra.....	10
3.	Factores que influyen en la productividad en la construcción.....	10
4.	Concepto de eficiencia.....	12
5.	Concepto de eficacia.....	12
IV.	TEORÍA DE ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.....	13
A.	Programación y presupuesto	13
B.	Concepto de consumo de mano de obra.....	13
C.	Rendimiento de mano de obra.....	14
D.	Concepto de actividad de construcción.....	14
E.	Concepto de cuadrilla.....	15
1.	Cuadrilla simple o individual.....	15
2.	Cuadrilla compuesta o colectiva.....	15
3.	Cuadrilla múltiple.....	15
F.	Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra.....	16
1.	Economía general.....	16
2.	Aspectos laborales.....	16
3.	Clima.....	16

4. Tipo de actividad.....	17
5. Equipamiento.....	17
6. Supervisión.....	18
7. El trabajador.....	18
G. Pérdidas en las actividades constructivas.....	19
1. Definición de pérdida.....	19
2. Clasificación de pérdidas.....	19
a. Shingeo Shingo.....	19
b. George Plossi.....	20
3. Causas de pérdidas y su influencia en la productividad.....	20
a. Problemas de diseño.....	20
b. Deficiente administración.....	20
c. Método de trabajo inadecuado.....	21
d. Problemas del recurso humano.....	21
e. Problemas de seguridad.....	21
f. Sistemas de control deficiente.....	22
g. Deficientes grupos y actividades de apoyo.....	22
H. Evaluación de las actividades de construcción.....	23
1. Actividad definida.....	23
2. Actividad continua.....	23
3. Actividad típica.....	24
4. Actividad cerrada.....	24
5. Actividad representativa.....	24
I. Requisitos del trabajo de campo para el análisis de rendimientos y consumos de mano de obra.....	24
1. Selección de actividades.....	24
a. Altamente organizadas.....	24
b. Muchas repeticiones.....	25
c. Continuidad de cuadrillas.....	25
2. Definición de tipo de actividad.....	25

3.	Levantamiento de cantidades de obra.....	25
4.	Toma de datos en la obra.....	26
5.	Elaboración de cuadros de control.....	26
V.	TRABAJO DE CAMPO EN EL PROYECTO REAL SITIO DE ARANJUEZ.....	28
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	29
VII.	CONCLUSIONES	31
VIII.	RECOMENDACIONES.....	32
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
X.	APÉNDICE	34

ÍNDICE DE CUADROS

1. Cuadro comparativo entre la construcción y la industria.....	8
2. Cuadro comparativo sobre factores que afectan la productividad en la construcción.....	11
3. Rango de eficiencia en la productividad.....	12
4. Formato de cuadro de control utilizado en las mediciones en el proyecto Real Sitio de Aranjuez.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Ejemplo de la Curva de Aprendizaje Limitada.....	4
2. Etapas del Desarrollo de un Proyecto.....	5
3. Diagrama de Factores que afectan la Productividad.....	19
4. Diagrama Causas de Pérdidas de Productividad.....	23

I. INTRODUCCIÓN

Los índices de medición en campo consisten en datos experimentales, tomados en obra, con el fin de obtener una base de datos suficientemente descriptiva, sobre rendimientos y consumos de mano de obra en las diferentes actividades constructivas. Utilizando herramientas como la observación, entrevistas y levantamientos de cantidades de trabajo se pueden obtener mediciones bastante precisas acerca del rendimiento de un trabajador o de un grupo de trabajadores. En el caso de los subcontratistas, el objetivo es medir el tiempo que se requiere para realizar un determinado trabajo

Las mediciones fueron hechas en el proyecto Real Sitio de Aranjuez durante los meses de abril y septiembre del año 2005, y abarcan tanto a las actividades constructivas mayores como a las actividades del subcontrato de carpintería. El proyecto Real Sitio de Aranjuez consiste en un complejo habitacional tipo colonial, conformado por catorce casas y un edificio de diez apartamentos tipo loft. Las actividades constructivas se dividen en dos renglones: obra gris y acabados, mientras que las actividades de subcontratistas, se midieron únicamente los tiempos de elaboración de carpintería mayor (arteson y terraza española).

II. OBJETIVOS

A. Objetivo General

1. Medir índices de mano de obra directa de actividades constructivas en el proyecto Real Sitio de Aranjuez.

B. Objetivos Específicos

1. Medir índices de mano de obra en actividades de obra gris,
2. Medir índices de mano de obra en actividades de acabados.
3. Medir índices de actividades constructivas del subcontrato de carpintería mayor,

III. LA PRODUCTIVIDAD Y LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

A. Características de la industria de la construcción

Antes de hablar de las características de la industria de la construcción, primero se mencionarán las cuatro variables fundamentales que miden el desempeño de la industria ya mencionada:

- Costos: que es la medida en moneda (Quetzales o Dólares) del costo del proyecto por debajo del presupuesto.
- Programa: medida del tiempo, correspondiente a la entrega en tiempo del proyecto.
- Calidad: satisfacción de las necesidades del Cliente a través del cumplimiento de requisitos y especificaciones.
- Productividad: medición del rendimiento, eficacia y productividad del trabajo.

De esta última variable, que es el tema fundamental de este trabajo, se derivan diez características únicas que explican el grado de desarrollo en que se encuentra la Industria de la Construcción.

1. Curva de aprendizaje limitada.

El desarrollo de las actividades constructivas tiene un factor de aprendizaje que se incrementa con el tiempo, a medida que la actividad constructiva se vuelve repetitiva y mecánica. Pero existe un momento en que, utilizando los mismos recursos, en que el rendimiento de una actividad constructiva no puede seguir incrementándose. La figura número 1 representa el efecto de la curva de aprendizaje, utilizando el formato de Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), en la que existe un momento en que no puede disminuirse el tiempo de completación de una actividad constructiva. El formato está medido en el porcentaje de actividad completada (eje y) y las semanas utilizadas para completarla al 100% (eje x).

LAST PLANNER (PAC) SEMANAL

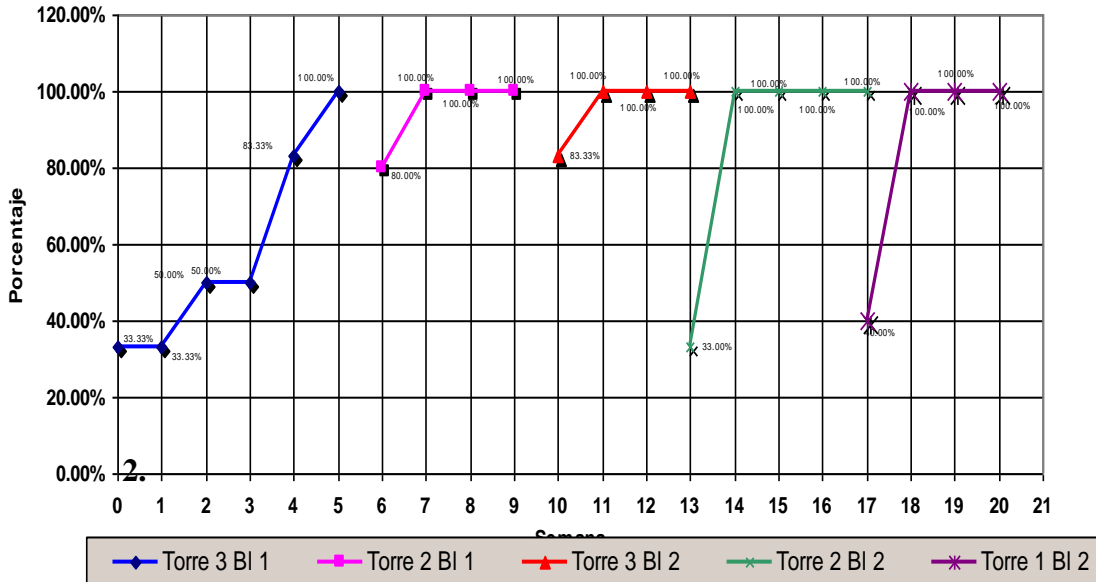


Figura 1: Ejemplo de la Curva de Aprendizaje Limitada

2. Influencia de las condiciones climáticas.

El clima juega un papel muy influyente en cuanto al desarrollo de los procesos constructivos, especialmente porque la mayoría de las actividades se desarrollan al aire libre. El clima afecta directamente la productividad de los trabajadores, ya que por ejemplo, en climas muy cálidos ésta tiende a disminuir. Además factores como la lluvia y la nieve, pueden llegar a detener por completo una o varias jornadas de trabajo, dependiendo de su intensidad.

3. Trabajo permanente bajo presión.

Constantemente en la industria de la construcción se trabaja bajo presión, principalmente por el cumplimiento de entregas en tiempo. Además, sobre todo en el sector privado, los tratos son cerrados, es decir por un precio global, por lo que existe una presión constante por reducir costos y ser más productivos para aumentar las utilidades.

4. Fragmentación del proyecto.

El desarrollo completo de un proyecto en el tiempo se divide en tres etapas principales:

- Preconstrucción. Etapa que se puede subdividir en planificación y diseño.
- Construcción.
- Postconstrucción. Etapa que se subdivide en operación y mantenimiento.

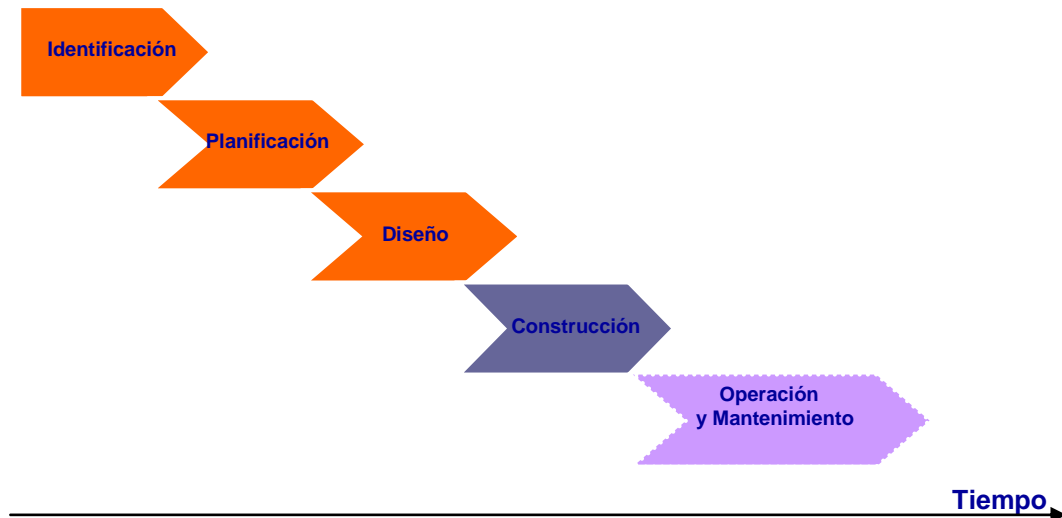


Figura 2: Etapas del desarrollo de un proyecto

5. Poca capacitación.

Generalmente en obra los trabajadores poseen poco o nula preparación académica, que se refleja en pobres conocimientos técnicos constructivos. La mayoría de sus conocimientos provienen de la experiencia. A nivel administrativo, la mayoría de ingenieros residentes poseen pocos conocimientos administrativos, como planificación, programación, delegación, dirección, etc., que son herramientas menos técnicas pero importantes a la hora de administrar un proyecto.

6. Relaciones opuestas entre participantes de los proyectos.

Muchas veces en los proyectos, las responsabilidades están distribuidas hacia las personas o empresas que mejor manejan un riesgo determinado. Por ejemplo, el caso de la plomería, la electricidad, pintura, etc. Esto ocasiona una relación especial, en donde existe una parte que se dedica a supervisar los subcontratos, es decir, a velar por la calidad, el tiempo y el costo de su ejecución, y una parte interesada, generalmente, en obtener más trabajo que represente más ganancia. Esto ocasiona una relación opuesta entre participantes.

7. Deficiente planificación o ausencia de la misma.

En la industria de la construcción se dan muchos casos en que los proyectos se manejan sólo en el día a día, sin planificar anticipadamente y estratégicamente los mismos. Es común que se pierda mucho tiempo en solucionar problemas que pudieron haberse evitado con una buena planificación. Es importante tratar de ser proactivo, identificando las posibles amenazas con suficiente anticipación para poder enfrentarlas con el suficiente criterio y estrategia adecuada para cada caso.

8. Actividad basada en la experiencia.

La construcción es una actividad que se basa mayormente experiencias pasadas, en procesos aprendidos a lo largo de la experiencia. El problema surge cuando se encuentran nuevos retos, en los que no ha habido ninguna experiencia previa, en los que se tiene que improvisar y usar la técnica de ensayo y error, que puede ocasionar muchos problemas.

9. Falta de investigación y desarrollo.

Como ya se mencionó anteriormente, la construcción es una actividad basada en la experiencia, en la que no existe un interés serio por mejorar procesos mediante la investigación y desarrollo.

10. Actitud mental del sector.

En Guatemala la industria de la construcción está degradada, debido a la fama que muchas malas experiencias han ocasionado. Se cree que la industria es corrupta en cuanto a sobre valorar el costo de los proyectos, que no cumple con los tiempos de entrega ni con la calidad, etc. Esto ha ocasionado una desconfianza hacia no invertir en la industria, ya que se considera un gran riesgo.

B. Comparación entre la industria de la construcción con la producción industrial

1. Características similares de la construcción y la industria

A pesar de que la construcción es una actividad muy diferente a la de la industria, existen ciertas características que son similares entre ambas. Estas son las siguientes:

a. Procesos de producción en serie y repetitivos

Entre los procesos repetitivos se pueden mencionar las armaduras, los encofrados y desencofrados, fundiciones, levantados de muros, acabados de albañilería (enrabietados, repellos, cernidos, blanqueados), etc. Estas actividades generalmente se hacen de forma masiva y repetitiva (en cadena), convirtiéndose en procesos críticos para el desarrollo del proyecto.

b. Productos pequeños pero en grandes cantidades o volúmenes.

Entre estos tipos de productos se destaca el concreto, que puede ser elaborado en obra o comprado de forma premezclada. Otros ejemplos podrían ser las mezclas utilizadas para acabados, como lo son los repellos, cernidos, etc. Estos tipos de productos se elaboran en grandes cantidades, y deben cumplir con ciertas especificaciones de calidad. Por ejemplo el concreto debe tener cierta consistencia y resistencia, para que cumpla con las especificaciones del diseñador. Para que estos productos puedan cumplir con los requerimientos de calidad, se debe contar con un amplio control de calidad, convirtiéndose en productos críticos.

c. Ciclos cortos y repetitivos de producción

En el caso de los procesos masivos, como las fundiciones y los levantados, son procesos repetitivos que deben ejecutarse en un tiempo definido, para que los procesos que vengan detrás puedan entrar en tiempo. Éstos pueden llegar a ser muy repetitivos y relativamente cortos, como por ejemplo en la construcción de un edificio. Primero se funde la losa con las columnas, luego las vigas, para que luego pueda entrar el levantado (tabicación y cerramiento), y esto se hace

por cada nivel del edificio. Esto requiere de mucha eficiencia, trabajo en equipo y sobre todo liderazgo y dirección, para que los procesos puedan ejecutarse con calidad y en tiempo.

2. Diferencias entre la construcción y la industria

A pesar de contar con ciertas similitudes, existen muchas diferencias entre la Construcción y la Industria, que principalmente son debidas a la naturaleza de ambas actividades. Sin embargo, para que la construcción sea más productiva y eficiente, muchas diferencias podrían acortarse con una buena capacitación, control y planificación. El Cuadro 1 muestra un cuadro comparativo entre la construcción y la industria.

Cuadro 1: Cuadro comparativo entre la construcción y la industria.

CARACTERÍSTICA	CONSTRUCCIÓN	INDUSTRIA
Productividad	Media a Baja	Alta
Organización	Matricial / Proyecto / con fuerte integración lateral flexible, variable con el tiempo.	Funcional / Jerárquica con fuerte integración vertical estable.
Suborganizaciones	Autónomas, paralelas	Integradas verticalmente
Serie de productos	Únicos e irrepetibles, construido al gusto del cliente.	Producción en masa, cíclica, basada en estudios de mercado. Compradores anónimos, casi sin influencia en la producción
Productos	Grande, inmóvil, costoso	Pequeño, transportable, barato e inventariable; sustituible.
Diseño del producto	Independiente de la producción	Integrado con la producción
Ciclo del producto	Largo	Corto
Riesgo	Alto, utilidades marginales, gran rotación de empresas, poca elasticidad.	Moderado, se puede repartir entre varios productos al diversificar. Mercados alternativos.

Control	Es común el incumplimiento de plazos y presupuestos. El control de calidad es deficiente,	Programas y presupuestos confiables. Buen control de calidad
Mano de obra	Itinerante, alta movilidad	Permanente, estaciones fijas
Seguridad	Trabajo riesgoso	Entorno relativamente protegido
Investigación	Poco o nula	Permanente
Entorno	Susceptible a variaciones del clima, a los atrasos en entregas de materiales, etc.	Protegido del clima. Se puede acumular inventarios para protegerse de problemas externos.
Administración	Generalmente ad-hoc. Decisiones basadas en el contexto, juicios personales y la experiencia	Científica, decisiones basadas en precedentes y/p procedimientos.
Grado de innovación	Bajo	Alto
Ciclos económicos	Característica muy importante que resulta en desempleo y equipo parado.	Influencia moderada

C. Conceptos de productividad en la construcción

1. Definición de productividad

La productividad se define como la razón entre la cantidad producida (Producto) respecto a los recursos empleados (Inversión):

$$Productividad = \frac{Cantidad\ Producida}{Recursos\ Empleados}$$

a. Concepto ampliado de productividad en la construcción

Actualmente, el concepto de Productividad se ha ampliado de la siguiente manera por Alfredo Serpell en 1999 (Universidad Eafit 2005):

«Medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.»

2. Distintos tipos de productividad en la construcción

a. Productividad de los materiales

La productividad de los materiales se refiere al rendimiento que éstos tienen por la naturaleza y tipo de producto. Por ejemplo, algún saco de pegamento de piso, de cierta medida (en peso), rinde cierta cantidad de metros cuadrados de superficie para pegar. Son datos importantes para el constructor, ya que se puede estimar con precisión qué cantidad de material se necesita para una cierta actividad de trabajo.

b. Productividad de la maquinaria

Usualmente se refiere al consumo de recurso que cierto tipo de máquina utiliza para realizar un determinado trabajo. Por ejemplo una retroexcavadora utiliza cierta cantidad de recursos (combustible o tiempo), para poder excavar una cierta cantidad determinada de metros cúbicos de suelo. Aunque el rendimiento de este tipo de máquinas depende de muchos otros factores (tipo de suelo, clima, etc.), la estimación del consumo de recursos es fundamental para poder hacer presupuestos precisos.

c. Productividad de la mano de obra

Como ya se ha mencionado a lo largo del documento, la productividad de la mano de obra ayuda a estimar la cantidad de trabajadores necesarios para poder realizar una determinada actividad de trabajo. Este tipo de información es muy importante para hacer estimaciones de flujo de mano de obra, programaciones y costos directos e indirectos.

3. Factores que influyen en la productividad en la construcción

Existen una gran cantidad de factores que afectan directamente la productividad de los trabajadores en obra. Esencialmente los factores son generados por el tipo de administración,

programación, dirección e integración de personal que se emplea en el proyecto. Desde algo tan simple como el almacenamiento de los materiales y equipo, hasta aspectos más complejos como motivación o tipos de procesos, pueden llegar a afectar la productividad en la construcción. A continuación se presenta un cuadro comparativo sobre los factores que afectan negativa y positivamente a la productividad en la construcción.

Cuadro 2: Cuadro Comparativo sobre Factores que afectan la Productividad en la Construcción.

Factores que afectan Negativamente	Factores que afectan Positivamente
<ul style="list-style-type: none"> • Errores de diseño y falta de especificaciones • Cambios a los diseños durante la producción. • Obras ejecutadas con diseños incompletos. • Falta de supervisión. • Agrupamiento de trabajadores en sitios reducidos. • Alta rotación de trabajadores. • Pobres condiciones de seguridad industrial. • Composición inadecuada de cuadrillas de trabajo. • Disputas entre cuadrillas. • Inadecuada distribución de los materiales, • Lotes con difíciles condiciones, • Excesivo control de calidad. • Interrupciones no planificadas ni controladas. • Clima y condiciones adversas en la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento del fenómeno del aprendizaje. • Programas permanentes de capacitación de la mano de obra. • Programas de seguridad industrial en la obra. • Búsqueda permanente de motivación del trabajador. • Buena disposición de los materiales en la obra. • Utilización de técnicas de planificación. • Utilización de ayudas computacionales. • Revisión de diseños para una construcción más simple (constructibilidad). • Estudio de métodos y tiempos. • Aplicación de la ingeniería industrial a la construcción. • Utilización eficiente de la subcontratación. • Competencia sana entre cuadrillas..

4. Concepto de eficiencia

La eficiencia de una actividad o proceso está definida por la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

Cuadro 3: Rangos de eficiencia en la productividad. (John S. Page 2,001)

Eficiencia en la productividad	Rango
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal o promedio	61% - 80%
Muy Buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

5. Concepto de eficacia

La eficacia es la medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados deseados en cantidad y calidad. La eficacia se manifiesta en función del método, la técnica, la experiencia, los conocimientos, las actitudes y las aptitudes.

IV. TEORÍA DE ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

A. Programación y presupuesto

La planificación de un proyecto de construcción se divide en dos macro actividades:

- Programación: que es todo lo concerniente a tiempos de ejecución.
- Presupuesto: que abarca todos los costos de construcción.

Estas dos grandes actividades están intrínsecamente relacionadas con los consumos y rendimientos de la mano de obra. Estos dos índices influyen directamente en la programación (tiempos) y en el presupuesto del proyecto, ya que miden los recursos de tiempo y de mano de obra de ejecución de las actividades constructivas a lo largo del proyecto.

B. Concepto de consumo de mano de obra

El consumo de mano de obra se define por la cantidad de recurso humano, expresada en horas-hombre, que se emplea para ejecutar completamente la cantidad unitaria de una actividad de construcción.

De esta manera, si una pared de mampostería reforzada (block, mochetas, soleras y pines), de nueve metros de largo por tres de alto (27.00m^2), se levanta en 3 días laborales por un grupo de tres albañiles, la cantidad de consumo de mano de obra será la siguiente:

- 1 día laboral = 8 horas de trabajo.
 - o 3 días laborales = $3 \times 8 = 24$ horas
- Cantidad de recurso humano: horas-hombre = $24 \text{ horas} \times 3 \text{ albañiles} = 72 \text{ h-H}$
- Consumo de mano de obra = $72\text{h-H} / 27.00\text{m}^2 = 2.67\text{h-H/m}^2$

C. Rendimiento de mano de obra

El rendimiento de mano de obra es la cantidad de obra, expresada por unidad de medida, de alguna actividad realizada por una cuadrilla, por unidad de recurso humano expresado en horas-hombre.

Si se retoma el ejemplo anterior, el rendimiento de mano de obra quedaría de la siguiente manera:

- Cantidad de obra = 27.00m^2
- horas-hombre = 72 h-H
- Rendimiento de mano de obra = $27.00\text{m}^2 / 72\text{h-H} = 0.375 \text{ m}^2/\text{h-H}$

De igual forma, y especialmente por facilidad de expresión y entendimiento, este índice puede expresarse también en función del trabajador y el tiempo directamente. De esta manera, el índice se expresaría así:

- Cantidad de obra = 27.00m^2
- Días laborados = 3 días
- Cantidad de trabajadores por la actividad = 3 albañiles
- Rendimiento de mano de obra = $27.00\text{m}^2 / (3 \text{ albañiles} \times 3 \text{ días}) = 9\text{m}^2/\text{albañil} \times \text{día}$

D. Concepto de actividad de construcción

Una actividad de construcción es el conjunto de operaciones, desplazamientos y esperas que se ejecutan de una manera continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios operarios, con el fin de producir o ensamblar materiales contando con la ayuda de herramientas o equipos. Para que una actividad sea considerada como tal, esta debe ser completa, es decir, que termina para dar inicio a otra actividad.

E. Concepto de cuadrilla

Una cuadrilla se le denomina a una persona o a un grupo de personas, de diferente especialidad, que consumen algún tiempo en la ejecución de alguna actividad. Según su composición se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Cuadrilla simple o individual

Es la cuadrilla en la que un solo operario realiza labores independientes. En realidad es difícil que en la práctica se den este tipo de cuadrillas, ya que las actividades constructivas tendrían que ser suficientemente pequeñas y sencillas, para que un solo trabajador pueda completarlas.

2. Cuadrilla compuesta o colectiva

Es la cuadrilla en la que varios operarios realizan labores para la ejecución de una actividad. Un ejemplo para este tipo de cuadrillas podría ser un grupo encargado de levantar muros de mampostería. En esta actividad, existe alguien que se dedica a realizar morteros, alguien que se dedica a colocar los bloques, alguien que se encarga de encofrar mochetas, etc. En fin, dentro de la cuadrilla existen diferentes labores con diferentes encargados, que sumadas realizan una actividad constructiva.

3. Cuadrilla múltiple

Este tipo de cuadrilla es aquella que está compuesta por diferentes cuadrillas colectivas, con diferentes especialidades, necesarias para la realización de una actividad compleja. Éste es el tipo más común de cuadrillas, ya que la mayoría de actividades constructivas son complejas y reúnen a muchas especialidades, como plomería, electricidad, armadura, albañilería, topografía, etc. Un buen ejemplo podría ser la fundición de una losa de entrepiso para un edificio. Esta actividad es desarrollada por cuadrillas colectivas, ya que está todo el trabajo de encofrado y desencofrado (albañilería), instalación de servicios hidráulicos (plomería), instalación de servicios eléctricos (electricidad), refuerzos de acero (armadura) y trazado de niveles (topografía).

F. Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra

1. Economía General

La economía general se refiere al estado económico de la nación o del área donde se está ejecutando el proyecto. Los aspectos que influyen este factor son los siguientes.

- Tendencias y resultados de los negocios.
- Volumen de la Industria de la Construcción.
- Situación del empleo
- Disponibilidad de la mano de obra.
- Disponibilidad de supervisores.
- Disponibilidad de insumos (costo, acceso, etc.)

2. Aspectos laborales

Existe una relación muy importante entre la productividad de la mano de obra y las condiciones laborales en que se ejecuta el proyecto. Los factores a considerar son los siguientes:

- Tipo de contrato entre los trabajadores y la constructora.
- Sindicalismos existentes.
- Incentivos sobre el trabajo.
- Salario fijo o pago a destajo.
- Ambiente de trabajo.
- Seguridad Social y prestaciones.

3. Clima

El tipo de clima actual y los antecedentes bajo el que se desarrolla el proyecto, son un factor muy importante que debe ser tomado en cuenta a la hora de ejecutar el mismo. Algunos de los aspectos a considerar son los siguientes:

- Estado del tiempo.
- Temperatura del área.
- Condición del suelo del proyecto y sus alrededores.
- Cubierta o grado de exposición al intemperismo.

4. Tipo de actividad

El tipo de actividad y las condiciones específicas de la actividad a realizar pueden afectar el rendimiento de la mano de obra, ya que pueden dificultar o facilitar la ejecución de la misma. Los factores a considerar son los siguientes:

- El grado de dificultad de la actividad, en ejecución y condición.
- El riesgo que conlleva la ejecución de la actividad.
- La discontinuidad de su ejecución.
- El orden y aseo propio de la actividad.
- Las actividades predecesoras.
- El tipo de actividad.

5. Equipamiento

La disposición del equipo adecuado para realizar una determinada actividad, y el estado y mantenimiento del mismo, afectan directamente el consumo de mano de obra. Los factores a considerar son los siguientes:

- La herramienta.
- El equipo.
- El mantenimiento y estado.
- El suministro del equipamiento.
- Elementos de protección y seguridad industrial.

6. Supervisión

La calidad y experiencia del personal utilizado en la supervisión de los procesos constructivos, influye directamente en la productividad esperada. Los factores a considerar son los siguientes:

- Los criterios de aceptación.
- La instrucción o asesoría.
- El seguimiento.
- El tipo de supervisión.
- La gestión de calidad.

7. El Trabajador

Los aspectos personales del trabajador deben considerarse, ya que afectan su desempeño al realizar una determinada actividad. Los factores a considerar son los siguientes.

- Situación personal, salud, problemas personales.
- El ritmo de trabajo.
- La habilidad o habilidades del trabajador.
- Los conocimientos.
- El desempeño anterior.
- La actitud hacia el trabajo.

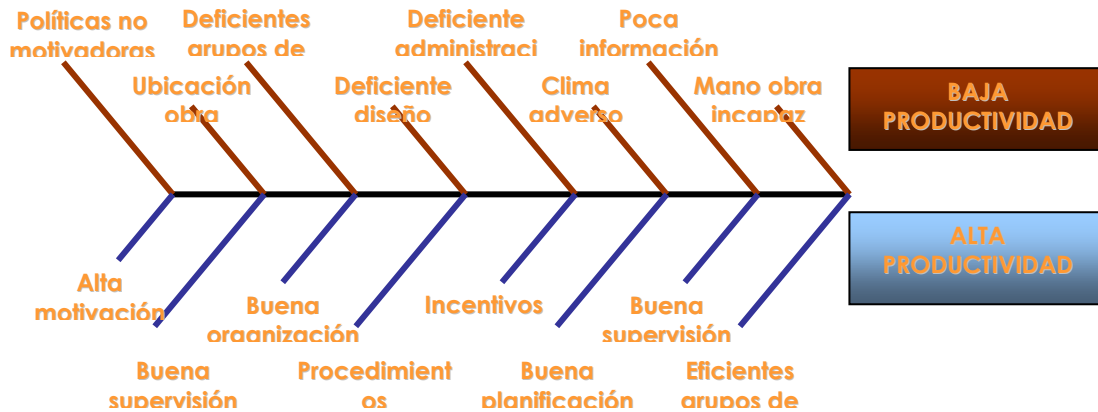


Figura 3 : Diagrama de Factores que Afectan la Productividad

G. Pérdidas en las Actividades Constructivas

1. Definición de pérdida

Una pérdida se considera todo aquello que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, equipo y mano de obra necesarios para agregar valor al producto.

2. Clasificación de pérdidas

Actualmente diferentes autores, a partir de la observación de los procesos de producción, han propuesto una clasificación de las pérdidas en diferentes categorías. A continuación se muestran dos autores.

a. Shingeo Shingo (Sistema de Producción de la Toyota, 1,981)

Shingo identificó siete tipos de pérdidas:

- Pérdidas ocasionadas por sobreproducción.
- Pérdidas por tiempos de espera.
- Pérdidas por transportes.
- Pérdidas por el sistema de producción.
- Pérdidas por los inventarios.
- Pérdidas por defectos de producción.

- Pérdidas por operaciones o procesos.

b. George Plossi

George Plossi en “Dirección en el nuevo mundo de la manufactura”, clasificó las pérdidas en tres tipos más generales:

- Pérdidas debido a las personas.
- Pérdidas debido al tiempo.
- Pérdidas debido a la burocracia de la organización.

3. Causas de pérdidas y su influencia en la productividad

a. Problemas de diseño

Una de las causas más importantes de pérdidas en la productividad son las ocasionadas por deficiencias en la interfase diseño-producción. Estos problemas se presentan por:

- Diseños complejos difíciles de interpretar..
- Dificultad para construir.
- Problemas de velocidad de respuesta de diseñadores, comúnmente en re-diseños y modificaciones.

b. Deficiente administración

Una deficiente administración es de los causantes de pérdidas más importantes, y es una situación muy común en nuestro medio. En su mayoría, los ingenieros están pobremente capacitados en administración de proyectos, y sus deficiencias se ven reflejadas en la productividad de los proyectos. Algunas de las causas de una deficiente administración son las siguientes:

- Pobre supervisión por alta relación maestro-obreros.
- Organizaciones mal diseñadas, que reflejan problemas de comunicación.

- Administraciones bajo el esquema “apagar incendios”, más reactivas que preventivas.
- Pobre planificación de obra o ausencia de la misma.

c. Métodos de trabajo inadecuados

Debido a que la construcción es una actividad basada en la experiencia, existe poco incentivo por investigar y renovar los procesos constructivos para volverlos más productivos y eficientes. Entre los aspectos que se enmarcan en este punto están:

- Mala utilización de recursos. Cuadrillas sobredimensionadas, maquinaria y equipo subutilizado, materiales desperdiciados.
- Uso de tecnologías inapropiadas.
- No evaluación de alternativas más eficientes.
- Falta de registro de experiencias anteriores similares, que permiten el aprovechamiento de errores pasados.

d. Problemas del recurso humano

Este problema se relaciona específicamente con el Capital Humano, la fuerza laboral del proyecto. En temas de capacitación y desarrollo humano. Los problemas son ocasionados por los siguientes aspectos:

- Empirismo y pobre capacitación, que genera lentitud y mala calidad.
- Poca motivación del personal de obra, debido a las altas rotaciones, falta de incentivos y pobre gestión humana.

e. Problemas de seguridad

La industria de la Construcción se ha caracterizado por ser una industria muy riesgosa, en cuanto a accidentes debido a falta de seguridad industrial en los proyectos. La falta de seguridad ocasiona los siguientes aspectos que afectan la productividad:

- Altas tasas de accidentalidad

- Pérdidas en lo personal.
- Pérdidas en la productividad.

f. Sistemas de control deficiente

Los sistemas tradicionales de control y monitoreo de obras, basados en los presupuestos y en la programación, no se enfocan en la productividad, disminuyendo la habilidad de tomar acciones correctivas. Además, este tipo de controles se enfatiza en actividades que sobrepasan el presupuesto, para reducir costos, desperdiciando oportunidades de mejoramiento en las demás actividades.

g. Deficientes grupos y actividades de apoyo

Estos problemas surgen debido a una mala planificación del proyecto por parte de todos los equipos de trabajo, como el equipo de presupuestación, programación, compras, y ejecución. Este tipo de actividades, que son indirectas a la obra en sí, afectan directamente la productividad del proyecto. Entre las causas están las siguientes:

- Recursos insuficientes, debido a problemas de presupuesto.
- Recursos no disponibles, por problemas de planificación de las adquisiciones.
- Inadecuada distribución de instalaciones, causando problemas de transporte, almacenamiento y circulación.

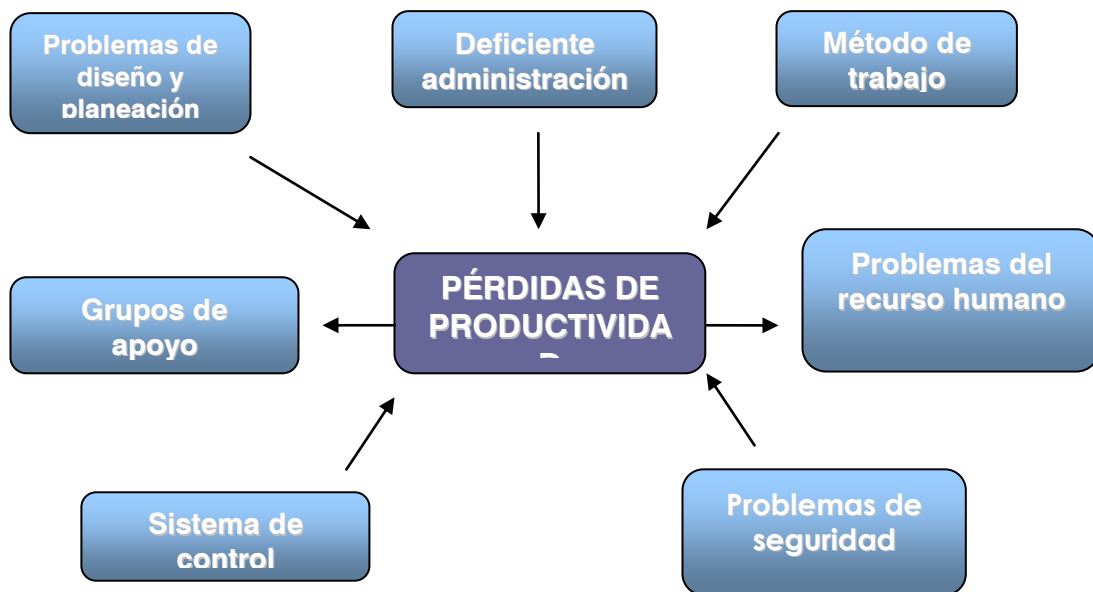


Figura 4: Diagrama Causas de Pérdidas de Productividad

H. Evaluación de las actividades de construcción

Para poder medir datos válidos en actividades constructivas, estas requieren poseer algunas características básicas, ellas son:

1. Actividad definida

Una actividad definida es aquella en la que la cantidad de trabajo, el personal y requerido para su ejecución puedan determinarse. Debe ser una actividad en la que no exista duda alguna sobre su ejecución.

2. Actividad continua

La actividad debe poder ejecutarse sin interrupciones internas, además de poseer una secuencia de trabajo lógica para su elaboración.

3. Actividad típica

La actividad debe ser una actividad típica en la construcción, es decir un tipo de actividad que pueda ejecutarse de la misma manera en diferentes proyectos o áreas dentro de un mismo proyecto.

4. Actividad cerrada

Una actividad cerrada es aquella en la que existe una cantidad específica de trabajo, sin traslaparse con alguna otra actividad constructiva, dentro de un marco temporal definido. Es decir, no pueden existir otras actividades constructivas ejecutándose dentro de la actividad a evaluar.

5. Actividad representativa

La cantidad de trabajo de la actividad a evaluar, debe ser una cantidad representativa para que su evaluación sea significativa. Es decir, una cantidad de trabajo suficientemente grande para que la evaluación presente resultados representativos en cantidades unitarias del mismo.

I. Requisitos de trabajo de campo para el análisis de rendimientos y consumos de mano de obra

1. Selección de actividades

No todas las actividades constructivas requieren de un análisis de rendimientos y consumos, ya que no todas son suficientemente representativas para que el estudio pueda ser considerado importante. Para ello se debe analizar los siguientes tres aspectos:

a. Actividades altamente organizadas

Las actividades seleccionadas deben ser altamente organizadas, es decir poseer una cuadrilla definida, con roles definidos entre grupos de trabajo. Además debe estar programada para cumplir con una cierta cantidad de recursos y en tiempo dado.

b. Muchas repeticiones

Las actividades deben ejecutarse repetidamente a lo largo de todo el proyecto, independientemente si se ejecutan de una manera diferente o similar, o si poseen una cantidad de trabajo diferente entre sí.

c. Continuidad de cuadrillas

Las actividades constructivas seleccionadas deben poseer continuidad de cuadrillas, ya que se debe asegurar que se está midiendo el rendimiento de forma continua, y asimismo se puede aprovechar el factor de la curva de aprendizaje para realizar medidas más representativas.

2. Definición de tipo de actividad

Las actividades constructivas deben encasillarse dentro de un renglón específico de trabajo, dependiendo del sistema constructivo que se esté ejecutando, Esto se hace, para poder llevar un control por separado entre actividades y para poder crear bases de datos comparativas. El ordenamiento por tipo de actividad permite separar las mediciones por renglones de trabajo, ayudando al observador a organizarse y enfocarse a la hora de medir.

3. Levantamiento de cantidades de trabajo

Se debe efectuar un levantamiento de la cantidad de trabajo a realizar durante la ejecución de la actividad constructiva. La cantidad de trabajo debe calcularse de acuerdo a la unidad de medida más representativa de la actividad. Por ejemplo, en un muro de mampostería reforzada se incluye el levantado de muro en metros cuadrados, la colocación o formaleteado y fundición de soleras en metros lineales, formaleteado y fundición de mochetas en metros lineales, etc. Pero la unidad de medida será por metros cuadrados del muro, ya que es la unidad que abarca las subactividades que conforman el muro.

Los cálculos pueden efectuarse basados en planos de construcción, pero también pueden tomarse medidas físicas directas en el campo para datos más exactos, o si en dado caso hayan ocurrido modificaciones.

4. Toma de datos en obra

La toma de datos en obra se realiza mediante la observación, entrevistas o reportes efectuados por los encargados. Vale la pena mencionar que las mediciones deben efectuarse con la mayor discreción posible, ya que si los trabajadores notan que están siendo “medidos” su rendimiento normalmente sufrirá alteraciones, ya sea de forma positiva o negativa. La mejor forma de recabar información.

5. Elaboración de Cuadros de Control

Por último, después de haber recopilado la información de obra, el siguiente paso consiste en la elaboración de los Cuadros de Control. Los Cuadros de Control sirven de resumen y se elaboran mediante la compilación, procesamiento y análisis de los datos tomados en obra. El objetivo de dichos cuadros es presentar la información ya procesada, de una forma estructurada y sintetizada, que puedan servir de referencia para estudios posteriores y toma de decisiones.

Un cuadro de control debe estar conformado por las siguientes partes:

- Tipo de Actividad Constructiva
- Personal de la Actividad Constructiva
- El tiempo de ejecución de la Actividad.
- La Unidad de medición de la Actividad,
- La cantidad de trabajo, basada en la unidad de medida.
- Rendimiento o Consumo de Mano de Obra.
- Comentarios y observaciones.

El siguiente cuadro muestra el formato que se eligió para ser utilizado en las mediciones efectuadas en el proyecto Real Sitio de Aranjuez. Todos los cuadros elaborados en campo pueden encontrarse en el Apéndice.

*Cuadro 4: Formato de Cuadro de Control Utilizado
en las Mediciones en el Proyecto Real Sitio de Aranjuez*

Actividad	Personal		Tiempo	Rendimiento	Unidad	Cantidad	Observaciones y Dificultades
	Albañiles	Ayudantes		Unidad/día hombre			
Muro Mampostería	4	2	10 días	3.6 m ² /día hombre	M2	144	Cuadrilla Nueva

V. TRABAJO DE CAMPO EN EL PROYECTO REAL

SITIO DE ARANJUEZ

El trabajo de campo efectuado en el proyecto Real Sitio de Aranjuez consistió en la toma de datos en obra de las diferentes actividades constructivas del mismo. Posterior a la toma de datos, se elaboraron cuadros de control para tabular la información.

Las actividades constructivas que fueron medidas se separaron por tipo de actividad y se listan a continuación. Los cuadros de control para cada una de las actividades se encuentran en el apéndice.

A. Mediciones de albañilería en obra gris.

1. Encofrado de muros
 - a. Encofrado de muro en Casa Tipo 2
 - b. Encofrado de muro en Casa Tipo 3
 - c. Encofrado de muro en apartamentos
2. Levantado de muro, block $t = 0.14\text{m}$
 - a. Levantado de muro en Casa Tipo 2
 - b. Levantado de muro en Casa Tipo 3
 - c. Levantado de muro en apartamentos
3. Entarimado con plywood de losa maciza plana tradicional
 - a. Entarimado de losa en casas típicas
 - b. Levantado de losa en casas Tipo 2 y Tipo 3
 - c. Entarimado de losa en apartamentos
4. Encofrado y desencofrado de bóvedas.

B. Mediciones de albañilería en acabados

1. Cernidos y repellos
 - a. Cernidos y repellos en Casas Tipo 2 y Tipo 3
 - b. Cernidos en apartamentos

C. Mediciones al subcontrato de carpintería

1. Tiempo de instalación de artesón y terraza española en casas típicas
2. Tiempo de instalación de artesón y terraza española en Casas Tipo 2 y Tipo 3

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La medición de índices de obra requiere de una metodología de observación y entrevista, efectuada con cautela para no interferir en el desarrollo natural del desempeño del trabajador. Asimismo se consideraron todos los posibles factores que influyen en el rendimiento de la mano de obra.

Durante las mediciones de albañilería en obra gris, se pudo notar que generalmente los atrasos y problemas se ocasionan por insuficiente material. Por ejemplo, en el encofrado de muros, se tuvo problemas para asegurar la formaleta ya que los paralelos de madera de 3"x4" se encontraban escasos, por lo que tenían que improvisar o rebuscar material, perdiendo tiempo. Además, cabe hacer notar que el encofrado de las casas tipo 2 y tipo 3 se hizo en nivel inferior, en la cava, lo que origina un mayor esfuerzo físico, reflejado en el incremento de ayudantes, para poder subir y bajar el material para el encofrado.

En el caso del levantado de muro de catorce centímetros, se pudo notar diferentes tipos de problemas. Para el levantado de la casa Tipo 2, ejes A – E, el principal problema fue la falta de mano de obra. Durante ese levantado, el subcontratista que laboraba bajo meta, tuvo escasez de personal, debido a la renuncia de varios albañiles por inconformidad con los pagos. Sin embargo, los problemas durante el levantado de los apartamentos fueron la falta de material, debido a una deficiente capacidad de respuesta del proveedor, y la distancia en que se encontraba la mezcladora para elaborar el concreto utilizado en soleras y mochetas. Los apartamentos fueron levantados por subcontratistas, que utilizaban grupos de tres albañiles y un ayudante por apartamento. En este caso, el número de ayudantes resultó ser muy poco ya que en distancias largas, en las que se tiene que acarrear el material por trechos largos, se necesitan una cantidad mayor de ayudantes.

Para el entarimado de losa maciza con plywood, se pudo que el factor de la curva de aprendizaje incide bastante en el rendimiento de los albañiles. Sin embargo, en las casas típicas, éste no se pudo aprovechar al máximo ya que hubo una rotación bastante alta de personal, aunque se mantuvo la base en ambos grupos. En las casas típicas el problema primordial, aparte de la rotación de personal, fue que había una cantidad considerable de vigas y soleras que encofrar y desencofrar, contrastado con un área de losa bastante pequeña. Además, los faldones utilizados en las casas a veces sufrían modificaciones debido a incongruencia de medidas, a pesar de que todas

las casas Típicas son iguales. Esto saca a la luz, fallos en cotas durante el levantado o trazado de los muros de mampostería inferiores.

El encofrado y desencofrado de bóvedas fue una actividad bastante difícil, considerando las áreas relativamente pequeñas de las mismas. Uno de los puntos críticos fue el enrabetado del ladrillo antes de colocar la parrilla de refuerzo de las bóvedas. Este punto resultó ser crítico, ya que el ladrillo es un material bastante frágil, que fácilmente puede ser dañado por el paso del personal de obra. Ante el daño de ladrillos, éstos tenían que ser reemplazados lo que significaba pérdidas en los tiempos de ejecución. Sin embargo, este problema fue reducido mediante la correcta organización y comunicación por parte de los grupos de trabajo.

Una de las actividades que tuvo más problemas por falta de comunicación fue el cernido en apartamentos. Durante esta actividad hubo mucha confusión, especialmente durante los primeros cinco apartamentos trabajados, sobre el tipo de cernido a aplicar sobre los muros. En las casas Tipo 2 y Tipo 3, en las que varios trabajadores ya habían efectuado labores, se aplicó un cernido completo, con arrastres y mezcla gris, ya que el acabado final fue la aplicación de yeso (alisado) y pintura. Sin embargo, inicialmente en los apartamentos se iban a forrar los muros con tabla yeso debido a la advertencia del diseñador estructural de agrietamiento debido a asentamientos diferenciales en la estructura. Por lo que se decidió aplicar un cernido ligero, simplemente para nivelar los muros. La confusión surgió por que la palabra cernido se asoció con el tipo de acabado aplicado en las casas Tipo 2 y Tipo 3, sin comprender que el cernido ligero era simplemente una nivelación de los muros con poca mezcla gris y menos ayuda de arrastres.

En las mediciones efectuadas al subcontrato de carpintería, lo más importante que se notó, y que ayudó a mantener los tiempos de entrega bastante precisos, fue la gran fuerza laboral de la empresa subcontratada. Ya que en ocasiones, en las que se atrasaban, simplemente aumentaban la cantidad de mano de obra para incrementar la productividad y así reducir tiempos para poder salir en el tiempo estipulado. Cabe señalar que el incremento de la mano de obra, sobre la marcha de la ejecución de una actividad constructiva, altera el rendimiento del personal de dicha actividad. Sin embargo, la medición se centralizó únicamente en el tiempo ejecutado para una cantidad de trabajo, ya que por ser un subcontrato, no interesa medir la actividad tomando en cuenta la fuerza laboral, sino solamente los tiempos de respuesta.

VII. CONCLUSIONES

1. La curva de aprendizaje es una característica constructiva que puede ser aprovechada para aumentar el rendimiento de los trabajadores, siempre y cuando sean actividades similares y con una fuerza de trabajo estable.
2. Antes de iniciar una actividad constructiva se debe verificar que todo el material y equipo esté completo y a disposición de la cuadrilla de trabajo, para evitar problemas de atrasos por búsqueda o improvisación.
3. Durante la ejecución de actividades que consumen mucho de un mismo recurso, como por ejemplo el levantado de muro, se debe tener en cuenta la capacidad y el tiempo de respuesta del proveedor, antes de pedir el material para asegurarse una ejecución continua.
4. La localización de equipo clave para la ejecución de una actividad debe ser cuidadosamente planificada, ya que las distancias largas entre el área de trabajo y la localización del equipo provocan pérdidas de tiempo en acarreo y distribución, como el caso de la hechura y acarreo de concreto para el levantado y la localización de la mezcladora de concreto.
5. En renglones de trabajos parecidos pero no iguales, se debe poner mucho énfasis en la clarificación del tipo de trabajo a realizar. Una comunicación efectiva y clara puede aumentar considerablemente la productividad de un trabajador.
6. Durante la medición de rendimientos en obra, se debe tener cuidado en caer en el error de creer que aumentando la cantidad de mano de obra, se aumenta el rendimiento. El efecto puede ser todo lo contrario, ya que la productividad puede aumentar, pero a un costo mayor de mano de obra que tal vez no era justificable ni necesario para la actividad.
7. Para la medición de subcontratos, tales como el de carpintería, no es necesario realizar una medición que incluya la mano de obra, ya que un subcontrato es generalmente un trato cerrado en el que el riesgo contra los tiempos de entrega recaen del lado del subcontratista.

VII. Recomendaciones

1. Establecer en obra, personal permanente de medición de índices de obra para que las empresas obtengan bases de datos de referencia para la planificación y ejecución futuros proyectos.
2. A los departamentos de ingeniería civil de las distintas universidades del país, desarrollar y establecer en los contenidos de estudio, cursos sobre cómo planificar y programar tiempos y recursos, en base a índices de mano de obra.
3. Se le recomienda a la Cámara Guatemalteca de la Construcción construir una base de datos de consulta sobre índices de mano de obra, recabando información medida o proveída por las empresas constructoras, como la que actualmente posee sobre salarios a destajo.
4. A todas las empresas constructoras, la capacitación de los ingenieros de obra en temas de productividad y eficiencia en la construcción, con cursos o estudios como los que provee la Universidad de Eafit o el Instituto Lean Construction.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración de Proyectos. 2005. Organización Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 370 págs.

Balz, G. 1970. *Investigación y Catalogación de Rendimientos de Recursos Para Programación*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala.

Vides, A. 1971. *Análisis y Control de Costos de Ingeniería*. Guatemala. 274 págs.

X. APÉNDICE

El trabajo de campo en el proyecto Real Sitio de Aranjuez se limitó a realizar mediciones y a elaborar cuadros de control de los siguientes tres grupos de actividades:

A. Mediciones de albañilería en obra gris.

B. Mediciones de acabados de albañilería.

C. Mediciones al subcontrato de carpintería.

A continuación se presentan los cuadros de control correspondientes a todas las mediciones.

A. Mediciones de albañilería en obra gris

1. Encofrado de muros

a. Encofrado de Muro en Casa Tipo 2

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Encofrado de Muro. Casa Tipo 2 (sótano)	- 3 (6 días)	- 2 (6 días)	14 días + 1 día de fundición	Metros ²	79.22	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. La madera utilizada para la formaleta (parales) estaba torcido por el uso. 2. El jefe de meta, Fermín Cuc, no fue un bueno líder. No le hacían caso, no afrontaba las situaciones ni pudo imponer su autoridad. 3. Los albañiles contratados por Cuc eran personas muy problemáticas y amenazantes. No eran personas de confianza. El maestro encargado (Domingo Amperes) cree que trabajar con personas conocidas (familiares o amigos) facilita el proceso de construcción. 4. Al inicio de la fundición, se comenzó a llenar completamente una cara del muro, en lugar de hacerlo hasta la mitad y seguir con las demás. Se debía fundir en dos tandas, primero una mitad y luego la otra.
Desencofrado de Muro, Casa tipo 2 (sótano)	7	5				
Rendimiento			Materiales			
Encofrado	0.53 m ² /día hombre					
Desencofrado	6.66 m ² /día hombre		<ul style="list-style-type: none"> • 58 planchas de Plywood de 4"x8"x3/4" • 270 parales de madera de 3"x4"x10" • Triquets 			<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades 1. Para el entranquillado (aseguración de la formaleta) no les alcanzó el material, tuvieron que utilizar pedazos de madera. 2. Las planchas de plywood se doblaron un poco durante la fundición. Se cree que no se utilizaron suficientes parales para asegurar las planchas. 3. La bajada y subida de material para formaletear fue muy difícil, ya que el muro estaba en cava.

Entrevista hecha a Domingo Amperes el 4 de mayo del 2,005

b. Encofrado de muro en casa tipo 3

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Encofrado de Muro, Casa Tipo 3 (sótano)	5	3	9 días	Metros ²	75	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. En esta ocasión si se contó con suficiente madera para encofrar y entranquillar el muro. 2. Para curar y tratar la madera usaron barniz, que no es suficientemente bueno para protegerla y sellarla. 3. La colocación de las planchas de plywood fue una tarea dura y difícil, ya que es un muro en excavación. 4. Durante la fundición se les abrió la formaleta. Se tuvo que parar la fundición y re programarla para el día siguiente. <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades 1. El encofrado y desencofrado de algunas caras exteriores del muro resultó ser muy difícil, debido a que la separación entre el muro y el suelo excavado era de 30cm. A esta separación hay que restarle el ancho del plywood y del paral, que deja más o menos 14cm libres. 2. Durante la fundición, cuando se vibraba el concreto, la formaleta tendía a pandearse, por lo que tenían que estar listos para asegurar ese punto con un triquet o paral. <p><i>Entrevista hecha a Martín Rodríguez, el 4 de mayo del 2005.</i></p>
Desencofrado de Muro, Casa tipo 3 (sótano)	7	5	2 días	Metros ²	75	
Rendimiento		Materiales para formaleta				
Encofrado	1.67 m ² /día Hombre		<ul style="list-style-type: none"> • Planchas de Plywood de 4"x8"x3/4": 56 unidades • Parales de madera de 3"x4"x10": 168 unidades • Triquets: 145 unidades. 			
Desencofrado	5.36 m ² /día hombre		<p>Madera exterior (usada para entranquillar)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pie/tabla de Tabloncillo de 1½"x12": 11.81 • Pie/tabla de Parales: 95.48 			

c. Encofrado de muro en apartamentos (sótano)

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Encofrado y Desencofrado de Muros en Sótano	7	3	1 día	Metros cuadrados	55.20	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. Para el encofrado de muros en el sótano, se moduló el encofrado y desencofrado para fundir 12 metros lineales de muro, a una altura de 2.30mts. 2. La fundición se programó para la tarde, así se desencofraba en la mañana y se encofraba el resto del día. 3. La formaleta era metálica, con parales verticales y horizontales de madera de 3x4", y apuntalada con 2 hiladas de triquets metálicos.
Rendimiento	7.88 m ² /día Hombre					

2. Levantado de muro, block t = 0.14mt

a. Levantado de muro en Casa Tipo 2

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Primera Etapa: Levantado de muro, ejes F - J	4	2	10 días	Metros cuadrados	146.36m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. El Maestro de Obra considera que hay falta de comunicación directa entre albañiles y maestros. No prestan atención a órdenes, es común que digan "Usted no me dijo". 2. En ambas etapas el grupo de levantado fue subcontratado bajo Meta, calculada para 4 albañiles y 2 ayudantes en 10 días. 3. La configuración exigía muros dobles y sencillos, ventanas cuadradas y ventanas con balcón. La altura promedio del muro era de 2.65 (muros de 2.90, 2.70 y 2.65). 4. El proceso repetitivo de construcción de la chimenea, similar a la de las casas típicas, facilitó su construcción. 5. Buena relación con el armador, aunque a veces había que ir a buscarlo para que colocara las soleras. Ante este problema, seguían levantando en otra área. 6. El grupo estaba más interesado en terminar el trabajo que en
Rendimiento	$3.66 \frac{m^2}{día}$ Hombre <i>Entrevista hecha a Domingo Amperes, Maestro de Obra, el día 18/04/05.</i>					
Segunda Etapa Levantado de Muro, ejes A - E	4 x 3 días 2 x 18 días	2 x 3 días 1 x 10 días	21 días	Metros cuadrados	200	

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Rendimiento	$3.45 \frac{m^2}{día}$ Hombre <i>Entrevista hecha a Alfredo Choy (Jefe de Grupo) el día 10/08/05.</i>					<ul style="list-style-type: none"> 7. Para acarrear agua se prestan gente entre Maestros. 8. En la segunda etapa, se fueron 2 albañiles y 1 ayudante por inconformidad en pagos del jefe subcontratista. • Dificultades 1. Escasez de agua en las tardes. Había que acarrear agua. 2. Falta de toneles con agua fijos, ya que tienen que compartir los mismos entre grupos de trabajo (grupos de trabajo en casas típicas y casa Tipo 2 por ejemplo). Desearían tener de 2-4 toneles fijos. 3. Dificultad para establecer cotas, ya que se pensaba que la configuración de la casa, era igual a la de las casas Típicas. Era común escuchar "Yo así lo hice allá". Se consultó y se aclararon las dudas. 4. Al grupo de levantado le faltó colocar 1 hilada a lo largo de todos los metros lineales de muro, es decir llegaron a una altura promedio de 2.40mt 5. Durante la segunda etapa, cuando renunció parte del personal, el ayudante tuvo que trabajar como albañil, por lo que no hubo quien preparara mezclas o acarrear material para el grupo. Cada albañil tenía que acarrear y preparar su propio mortero.

b. Levantado de muro en Casa Tipo 3

Actividad	Personal		Tiempo	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Primera Etapa Levantado de muro, ejes A-F	5	3	14 días	Metros cuadrados	200	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. La configuración exigía muros dobles y sencillos, ventanas cuadradas y ventanas con balcón. La altura promedio del muro era de 2.65 (muros de 2.90, 2.70 y 2.65). 2. Fue necesario acarrear agua y llenar toneles, porque el sistema de acceso al agua estaba un poco retirado de su área de trabajo. Cabe señalar que esto no influyó en la fecha que se entregó la meta. 3. Las herramientas las tienen que compartir con otros grupos de trabajo, y a veces tienen que esperar bastante tiempo para que se las devuelvan. <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades 1. Se tuvo dificultad para establecer las cotas de los muros (altura del muro). 2. Se perdió tiempo debido a cambios arquitectónicos.
Rendimiento			2.86 m ² /día Hombre			
Segunda Etapa Levantado de Muro, ejes F-J	4	2	11 días	Metros Cuadrados	213	
Rendimiento			4.84 m ² /día Hombre			
Entrevista hecha a Martín Rodríguez el 4 de mayo del 2,005 y el 11 de agosto del 2,005						

c. Levantado de muro en apartamentos:

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Levantado de muro de mampostería, t=0.14						<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones 1. Todos los grupos de levantado fueron subcontratados por Meta. En total fueron 5 grupos diferentes. 2. La meta estaba calculada para 4 albañiles y 2 ayudantes, en 10 días calendario. 3. Cada grupo al menos levanto 2 apartamentos. <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades 1. Durante el levantado de 5 apartamentos, hubo escasez de bloques y cemento hasta el punto de parar los trabajos por material. 2. La hechura y acarreo de concreto, para los primeros 5 apartamentos levantados, estaba a una distancia considerablemente lejana. <p>El tipo de arquitectura permitió la acumulación de agua pluvial en las áreas de trabajo, lo que dificultaba mantener limpia la misma.</p>
Apartamento 1	3	1	15	130	2.89	
Apartamento 2	3	1	10	124	4.13	
Apartamento 3	3	1	10	124	4.13	
Apartamento 4	3	1	10	124	4.13	
Apartamento 5	3	1	11	124	3.76	
Apartamento 6	3	1	8	124	5.17	
Apartamento 7	3	1	13	124	3.18	
Apartamento 8	3	1	8	124	5.17	
Apartamento 9	3	1	9	124	4.59	
Apartamento 10	3	1	12	130	3.61	

3. Entarimado con plywood de losa maciza plana tradicional

a. Entarimado de losa en casas típicas (casas 1 a la 6)

Actividad	Personal		Tiempo días	Rendimiento m ² /día hombre	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes					
Entarimado de losa, formaleado de vigas y fundición.							<ul style="list-style-type: none"> Observaciones
Casa 1	8	3	21	0.45	-Losa: metros ² -Vigas: metros lineales	-Losa: 76.09m ² -Vigas: 210.33ml -Área de fund. = 181.59m ²	<ol style="list-style-type: none"> El entarimado de las casas 1 a 6 estuvo a cargo de Alfredo Choy. El proceso constructivo fue el siguiente: la primera casa trabajada fue la #1, luego siguió la #6 y se siguió en orden descendente hasta llegar a la #2 que fue la última. Alfredo Choy cree que su gente lo respaldó y siguió de buena manera. Contó con su disponibilidad. Antes de empezar con la meta de la casa #1, tuvieron que hacer toda la formaleta. En la casa #2, en donde trabajaron con 4 albañiles, tuvieron que trabajar extra, esforzarse más para sacar la meta a tiempo. Sin refacciones, ½ hora de almuerzo. Los dos albañiles que se fueron, en la meta de la casa #2, lo hicieron porque estaban inconformes con el pago antes de Semana Santa, ya que solo se les había pagado la mitad. Se tuvo que incluir en la meta la actividad de limpieza, ya que la limpieza que efectuó el grupo de la empresa resultó deficiente (restos de viruta, basura). Durante la fundición, se vibraba mal y se encontraron varias ratonas. El entrevistado tiene la impresión que no se hacía bien el concreto, ya que al observaba que no volteaban bien la cuchara (no se separaba a que estuviera hasta arriba). En ocasiones, la empresa Alga se tardaba mucho en comenzar la fundición, sin importar el atraso que generaban al grupo de la meta.
Casa 2	4	3	15	0.85			
Casa 3	6	3	15	0.85			
Casa 4	6	3	15	0.85			
Casa 5	6	3	15	0.85			
Casa 6	6	3	20	0.63			
* Porcentaje de influencia sobre área de fundición				42% (Área de entarimado/Área de fundición)*100			
<p>Entrevista a Alfredo Choy, jefe de grupo de la Meta, el 20/04/05.</p>							
<ul style="list-style-type: none"> Dificultades <ol style="list-style-type: none"> Hubo muchos cambios en medidas y detalles en las primeras dos metas, casas #1 y #6, lo que provocaba modificaciones y atrasos. Con el resto, luego de que 							

Actividad	Personal		Tiempo días	Rendimiento m ² /día hombre	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes					
							<ol style="list-style-type: none"> se estandarizó, no tuvieron problemas en ese aspecto. En ocasiones, cuando no había madera para los pilares de madera, no podían colocar dinteles ni armadura, ya que tenían que esperar para determinar el nivel. Debían esperar a que metieran piezas de madera en los faldones, para poder asegurarlos y fijarlos. Eso los atrasó mucho. En dos casas tuvieron que esperar a que llegara el ladrillo, para las bóvedas, lo que generó atraso. En las casas #1 y #6 tuvieron que fundir moquetas y dinteles de puertas que no estaban hechos. Fundirlos antes de iniciar la meta. Perdida de tiempo al iniciar la meta de la casa #6, ya que tuvieron que acarrear y trasladar el material utilizado en la casa #1, para lo cual utilizó 1 albañil y 1 ayudante. Estimó que perdió 2 o 3 días. Atraso en fundición, por la compañía Alga, ya que les costaba mucho entubar y ensamblar, y la mezcladora se tardaba mucho en sacar la batchada. Algunos trabajadores de Alga eran indispuestos y problemáticos, remanentes a sugerencias y comentarios.

b. Entarimado de losa en casas típicas (casas 7 a la 12)

Actividad	Personal		Tiempo días	Rendimiento m ² /día hombre	Unidad	Cantidad	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes					
Entarimado de losa, formaleteado de vigas y fundición.							<ul style="list-style-type: none"> Observaciones
Casa 12	7	3	22	0.49	-Losa: metros ²	-Losa: 76.09m ²	<ol style="list-style-type: none"> El entarimado de las casas 7 a 12 estuvo a cargo de Martín Rodríguez. Cuando se creía que no se sacaba la meta a tiempo, jalaban 2 o 3 albañiles extras, por 3 o 4 días, para apurarlo y terminar a tiempo. En algunas casas, tenían que cortar o alargar las formaletes, debido a que las medidas variaban de casa en casa, aunque no debería de haber sido así. El comentario que hizo fue "Las piezas no jugaban". No tuvo problema con que la gente se le fuera. La compañía Alga se tardaba demasiado en comenzar la fundición y se extendían demasiado. Cree que Alga no vibraba bien y que algunos de sus trabajadores eran problemáticos y no hacían el mejor esfuerzo por hacer bien el trabajo. Se encontraron bastantes ratonas. <ul style="list-style-type: none"> Dificultades <ol style="list-style-type: none"> Tuvo problemas con los carpinteros, ya que a veces tenían que esperar a que colocaran las piezas de madera dentro de los faldones. Esto generó bastante atraso, porque no podían asegurar los faldones. En las casas #12 y #7, se atrasaron por los muchos cambios en medidas y detalles. En ocasiones se atrasaron porque no había madera para los pilares de madera, por lo que no podían colocar dinteles. Tuvieron que picar mochetas que estaban pasadas, y también fundir mochetas de ventanas que no estaban fundidas. Se tuvo problemas con algunos muros que no tenían la cota requerida. En ocasiones tuvieron que quitar blocks o poner blocks para llegar a la cota. Se estima que el acarreo y traslado de material, de la casa #12 a la #7, los afectó con 3 o 4 días de atraso. Con las demás casas no hubo problemas ya que eran vecinas. Se tuvo un atraso con colocación de armaduras en las casas 11 y 10.
Casa 11	5	3	15	0.87			
Casa 10	5	3	15	0.87	-Vigas: metros lineales	-Vigas: 210.33ml	
Casa 9	5	3	15	0.87			
Casa 8	5	3	15	0.87		-Área de fund. = 181.59m ²	
Casa 7	5	3	20	0.76			
* Porcentaje de influencia sobre área de fundición				42% (Área de entarimado/Área de fundición)*100			
<p>Entrevista hecha a Martín Rodríguez, encargado de grupo de Meta, el 20/04/05.</p>							

c. Entarimado de losa en Casas Tipo 2 y Tipo 3

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Casa Tipo 2						
Ejes A-E	4	2	15	45	0.75	<ul style="list-style-type: none"> Observaciones <ol style="list-style-type: none"> El proceso de entarimado tardaba más debido al faldoneado y dinteles de las vigas, más que por la tarima. El concreto fue hecho en obra y subido con botes. La fundición se tardaba 1 día completo con 2 concretaras. <ul style="list-style-type: none"> Dificultades <ol style="list-style-type: none"> El acarreo del concreto hasta la losa, a 2.90mt de altura, se dificultó mucho, y las fundiciones se prolongaban hasta la noche. El material utilizado para el encofrado era material sobrante del entarimado de las casas típicas, por lo que ya estaba desgastado y requería de mayor cuidado.
Ejes F-J	4	2	14	27.5	0.44	
Casa Tipo 3						
Ejes A-E	5	3	11	25.5	0.46	
Ejes F-J	5	3	14	42	0.60	

d. Entarimado de losa en apartamentos (losa de entrepiso)

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Entarimado ejes G - L	12	4	23	700 m ²	2.54	<p>* Observaciones</p> <ol style="list-style-type: none"> El grupo de tarima estaba conformado por 3 "carpinteros" que fabricaban la formaleta para el entarimado faldoneado, y 3 subgrupos de 3 albañiles c/u para entarimar, dintelear y faldonear. Debido a que las fundiciones de losa se programaban con bastante anticipación, hubo ocasiones en que se tuvo que trabajar sábados completos e incluso se trabajó 1 día domingo. La mayoría de vigas estaban peraltadas hacia arriba. <p>* Dificultades</p> <ol style="list-style-type: none"> Al principio hubo una confusión en interpretación de planos, y se colocó dintel de viga en donde no correspondía, por lo que el proceso sufrió contratiempos. En algunos faldones, sobre vigas muy sobelatas se tuvo que fabricar "ventanas para poder vibrar bien".
Entarimado ejes A - F	12	4	20	600 m ²	2.5	
<p>Metros lineales de Vigas = 760ML en total Dinteles (vigas peraltadas hacia abajo) = 232ML</p>						

4. Encofrado y desencofrado de bóvedas

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad m ² (planos)	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades	
	Albañiles	Ayudantes					
<u>Casa Tipo 2</u>							
Bóveda Ingreso	2	1	2	1.60	0.80		
Bóveda Vestíbulo	3	1	6	26.25	4.38		
Bóveda en Cuartos Compartidos	2	1	2	1.60	0.80		
Bóveda en Cava	4	2	10	60	6.0		
<u>Casa Tipo 3</u>							
Bóveda Ingreso	2	1	2	1.60	0.80		
Bóveda Vestíbulo	2	1	7	26.25	3.75		
Bóveda en Cuartos Compartidos	2	1	2	1.60	0.80		
Bóveda en Cava	4	2	10	38	5.80		
<u>Apartamentos</u>							
Bóveda ingreso	4	2	15	56.35	3.89		

B. Mediciones de albañilería en acabados

1. Cernidos y repellos

a. Cernidos y repellos en Casas Tipo 2 y Tipo 3

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Casa Tipo 2						
Ejes A - F	3	2	15	Cernidos = 260.87 Repellos 75.69	7.48	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones <ol style="list-style-type: none"> 1. Los albañiles que más rindieron tienen lazos familiares con los subcontratistas. 2. La comunicación entre el jefe de grupo y la cuadrilla resultó ser deficiente, ya que tantas que volver a hacer las cosas por malentendidos.
Ejes F - J	3	1	21	Cernido = 276.40 Repellos = 84.76	5.73	
Casa Tipo 3						
Ejes A - F	3	2	12	Cernido = 144.35 Repellos = 81.97	6.29	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades <ol style="list-style-type: none"> 1. En la casa tipo 2, durante la Meta de ejes F-J, se tuvo mucho desacuerdo por pagos entre el subcontratista y sus albañiles. Hubo mucha rotación de personal, ya que solo los interesaba ganar y no la calidad del trabajo. 2. Con los nuevos albañiles y ayudantes contratados, hubo muchos casos en que se contrataban por falta de gante, y comúnmente eran personas con poca experiencia y conocimiento de albañilería.
Ejes F - J	3	2	14	Cernidos = 300 Repellos = 86.72	9.21	

b. Cernidos en Apartamentos

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día hombre	Observaciones y dificultades
	Albañiles	Ayudantes				
Cernido "Ligero" en Muros						<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones <ol style="list-style-type: none"> 1. El cernido ligero consiste en una nivelación de la superficie del muro de mampostería con un mezcla ligera y una limpia y llenado de mezclas de mortero. 2. Los grupos que efectuaron el cernido fueron los mismos del levantado. 3. Los grupos de cernido fueron subcontratados y estaban bajo Meta, calculada para 4 albañiles y 2 ayudantes en 5 días calendario. 4. El cernido ligero fue aplicado porque en ese momento se creía que el acabado final sería de tabla yeso. <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades <ol style="list-style-type: none"> 1. Al inicio hubo mucha confusión acerca del significado del cernido "ligero", ya que inicialmente se creía que era untado completamente, para luego entender que era una simple nivelación. 2. Durante la ejecución de los primeros 5 apartamentos hubo atrasos debido a la falta de cemento.
Apartamento 1	3	1	5	180	12.00	
Apartamento 2	3	1	4	147	12.25	
Apartamento 3	3	1	4	147	12.25	
Apartamento 4	3	1	6	147	8.17	
Apartamento 5	3	1	5	147	9.80	
Apartamento 6	3	1	8	147	6.12	
Apartamento 7	3	1	5	147	9.80	
Apartamento 8	3	1	5	147	9.80	
Apartamento 9	3	1	4	147	12.25	
Apartamento 10	3	1	6	180	10.00	

C. Mediciones al subcontrato de carpintería

1. Tiempo de instalación de artesón y terraza española en casas típicas

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día	Observaciones y dificultades
	Carpinteros	Ayudantes				
• Instalación de artesón						<ul style="list-style-type: none"> Observaciones
Casa 1	6	5	28	55.00	1.96	<ol style="list-style-type: none"> La madera para el Artesón y para la Terraza Española era provista por la misma empresa que hizo las instalaciones. En total habían 6 ayudantes para ambas actividades (Artesón y Terraza Española), que asistían a todos. Para la instalación del Artesón, en la última semana de trabajo para cada casa, el número de carpinteros subía de 6 a 8. La instalación del Artesón y la Terraza española se facilitó debido a que era igual en todas las casas. Se tuvo una buena relación y colaboración con todos y para todos los demás grupos de trabajo que laboraban en diferentes actividades (armadura, entarimado, etc.), y no creo que se hayan estorbado o molestando. Las instalaciones se hacen en 2 casa simultáneamente, es decir la casa 1 con la 12, la 7 con la 6, la 4 con la 8, etc.
Casa 2	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 3	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 4	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 5	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 6	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 7	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 8	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 9	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 10	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 11	6	5	21	55.00	2.62	
Casa 12	6	5	28	55.00	1.96	
• Instalación de terrazas a española						<ul style="list-style-type: none"> Dificultades
Casa 1	3	1	21	22.00	1.05	<ol style="list-style-type: none"> La instalación de algunas piezas de madera, sobre todo en las esquinas, se dificultó por el reducido espacio que la armadura de las vigas ocasionaba. Hubo casos en que cortaron el anclaje del refuerzo longitudinal, dejándolo sin longitud de desarrollo, solución incorrecta ya que puede generar que la viga falle. Este problema se corrigió y se le llamó la atención a los carpinteros. Para instalar los miembros inclinados, durante la fundición se colocó duroport dentro de la formaleta para generar el agujero que correspondía a la pieza. Este proceso es práctico y fácil, pero en la mayoría de las veces los carpinteros tenían que ajustar el agujero (picarlo para abrirlo) para que el miembro pudiera entrar.
Casa 2	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 3	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 4	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 5	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 6	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 7	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 8	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 9	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 10	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 11	3	1	14	22.00	1.57	
Casa 12	3	1	21	22.00	1.05	

Entrevista hecha a Byron Puac el 2 de mayo del 2,005

2. Tiempo de instalación de artesón y terraza española en Casas Tipo 2 y Tipo 3

Actividad	Personal		Tiempo días	Cantidad metros ²	Rendimiento m ² /día	Observaciones y dificultades	
	Carpinteros	Ayudantes					
Instalación de terrazas españolas							
Casa Tipo 2 (central)	5	3	21	61.25	2.92	<ul style="list-style-type: none"> Observaciones <ol style="list-style-type: none"> La fuerza de trabajo del subcontrato de carpintería es bastante amplia, por lo que podían realizar varios trabajos de forma simultánea. El tiempo de trabajo incluía desde el momento en que marcaban o preinstalaban las piezas de madera, hasta el momento de cerrar por completo la estructura, sin entintado. Los ayudantes se rotaban entre grupos de trabajo, por lo que no estaban fijos en un área de trabajo. No hubo problemas con esperas de material o equipo. En ocasiones, los trabajos de carpintería frenaban los trabajos de albañilería, especialmente durante la etapa de entarimado y mojinetas. <ul style="list-style-type: none"> Dificultades <ol style="list-style-type: none"> En ocasiones la interpretación de planos, debido a cambios, estancaba el proceso constructivo. Durante las épocas de lluvia, el trabajo se hacía más lento. La toma de decisiones, en cuanto a uniones y detalles, impedía la continuación del trabajo. 	
Casa Tipo 2 (ingreso)	5	3	3.5	6.50	1.86		
Casa Tipo 3 (central)	5	3	21	61.25	2.92		
Casa Tipo 3 (ingreso)	5	3	3.50	6.50	1.86		
Instalación de artesón							
Casa Tipo 2 Artesón Cuartos Compartidos	5	3	28	67.5	2.05		
Casa Tipo 2 Artesón Cuarto Principal	5	3	28	60	2.14		
Casa Tipo 2 Artesón Carport	5	3	21	45	2.14		
Casa Tipo 2 Artesón Sala y Cocina	5	3	21	58.5	2.79		
Casa Tipo 3 Artesón Cuartos Compartidos	5	3	26	67.5	2.41		
Casa Tipo 3 Artesón Cuarto Principal	5	3	25	60	2.40		
Casa Tipo 3 Artesón Carport	5	3	21	40	1.90		
Casa Tipo 3 Artesón Sala y Cocina	5	3	28	56	2.07		
Artesón compartido entre Casas Tipo 2 y Tipo 3	5	3	22	48	2.18		