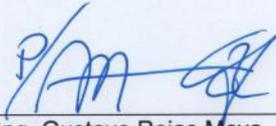
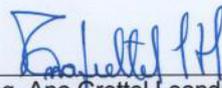


**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE  
PROYECTO DE GRADUACIÓN**

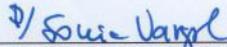
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, Ing. Miguel Artavia Alvarado, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.  
Profesora Guía



Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.  
Profesor Lector



Ing. Miguel Artavia Alvarado.  
Profesor Observador

# **Análisis y mejoramiento de procesos constructivos, en los proyectos de la empresa VIVICON**

# Abstract

The objective of this document is to determine the productivity and performance of two building processes within the masonry work of two residential condominiums (Avenir and Cedro Real) built by Vivicon S.A.

These two processes, which are the most interesting for the company, were first selected by expert professional criteria and later subjected to observations and samplings that resulted in data to determine productivity and performance indexes. This information was useful to apply techniques such as Crew Balance, Five Minute Rating, and Work Sampling, as well as to represent processes graphically using value stream maps, flow and Ishikawa charts. All of which was intended to analyze results and recommend improvements.

Key aspects were found that affect the processes causing lower productivity, some with greater impact as for the site design and carriage which involve time and cost the company would not have not considered there had not been any productivity analysis. The concepts of productivity and performance cannot be used indistinctively as they work together, but are two different principles.

The obtained data is located in a database created to facilitate the process of budgeting and programming.

**Key words:** *Productivity, performance, work sampling, crew balance, diagrams, database*

# Resumen

El objetivo de este proyecto fue el análisis y determinación de productividad y rendimientos para los procesos constructivos, tales como pega de bloques en paredes, armado y colocación de acero en vigas de entrepiso. Estos procesos constructivos forman parte de la obra gris de dos condominios habitacionales de la empresa Vivicon S.A., conocidos como Proyecto Cedro Real y Proyecto Avenir.

Los procesos, fueron seleccionados mediante criterio profesional y de acuerdo con aquellos de mayor interés para la empresa. Una vez seleccionados los procesos, se realizaron observaciones y muestreos para recopilar datos que permitieran el cálculo de la productividad y el rendimiento. La información fue obtenida por medio de la aplicación de las técnicas Crew Balance, Five Minute Rating, Work Sampling. Además, se recurrió a herramientas para representar, de manera gráfica, los procesos como mapas de flujo de valor, diagramas de flujo y diagramas de Ishikawa. El objetivo del estudio realizado fue analizar la información obtenida y proponer mejoras.

Se identificaron variables que afectan los procesos provocando bajas productividades, algunas de ellas con mayor impacto, tales como el diseño de sitio de obras temporales y traslados, los cuales involucran tiempos y costos, que la empresa no contemplaría sin un análisis de productividad. Se determinó que efectivamente los conceptos de productividad y rendimiento no se pueden tomar como sinónimos, aunque ambos son muy importantes para realizar el análisis de la producción.

Los datos obtenidos se encuentran dentro de una base de datos creada para facilitar el proceso de presupuestación y programación.

**Palabras claves:** *Productividad, rendimientos, base de datos, diagramas, mapas de flujo de valor*

# **Análisis y mejoramiento de procesos constructivos, en los proyectos de la empresa VIVICON**

# **Análisis y mejoramiento de los procesos constructivos, en los proyectos de la empresa VIVICON**

KEVIN SALAZAR CORRALES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2017

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	4
Marco teórico .....	7
Metodología .....	19
Resultados .....	27
Análisis de resultados .....	71
Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	86
Apéndices .....	87
Referencias .....	108

# Prefacio

El presente proyecto surge inicialmente de una necesidad que tiene la empresa Vivicon S.A. para la obtención de datos sobre rendimientos, debido a que es una problemática que ha venido trayendo la empresa con sus trabajadores. Además, se suman problemas con la programación y falta de materiales al momento de hacer los presupuestos. Todos estos inconvenientes se dan debido a que la empresa carece de un departamento especializado en la toma de estos datos, se lleva un control de los mismos, pero son aproximados.

La necesidad de esta información es de mucha importancia para la empresa, pues de esta manera se pueden manejar de forma adecuada los tiempos que tardan en realizarse los procesos en estudio y con esto realizar una buena programación de trabajo con datos reales del proyecto. Además, permite un justo pago para los trabajadores y conocer los inconvenientes que presentan los procesos, así como buscarles soluciones factibles.

Este proyecto también permite implementar nuevos conceptos y herramientas, como el análisis de productividad en los procesos, así como generar una base de datos como herramienta de consulta de rendimientos.

El objetivo principal del proyecto fue analizar los procesos constructivos de mayor interés para la empresa, con el fin de encontrar rendimientos y productividades, además de factores que afectan la producción y proponer mejoras.

## Agradecimientos

*Quisiera agradecer primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta este punto y cumplir uno de mis mayores sueños, además de darme la sabiduría para realizar este último paso. También quiero agradecer a mi familia, por estar conmigo durante todo este proceso y a lo largo de mi vida, siempre apoyándome, por estar conmigo en todo momento, ya sea bueno o malo. A mi novia, por estar conmigo en todo este proceso y brindarme apoyo para cumplir con esta tarea.*

*Agradecer a la empresa Vivicon, por abrirme las puertas y permitirme crecer como profesional, además de poder hacer mi práctica profesional en la misma.*

*También quiero agradecer a mi profesora guía, Ana Grettel Leandro Hernández, quien me brindó las herramientas necesarias para realizar este proyecto, por atender mis dudas y buscarles soluciones. Y, por último, agradecer a esta casa de enseñanza por brindarme toda la preparación y el estudio necesario para convertirme en un orgulloso Ingeniero en Construcción.*

# Resumen ejecutivo

El presente proyecto se llevó a cabo con el propósito de realizar el análisis y mejoramiento de los procesos constructivos seleccionados, el cual se hizo a través de datos cuantitativos y cualitativos de rendimientos y productividades. Los procesos fueron asignados por medio del criterio profesional, por parte de los ingenieros de la empresa. El análisis incluyó aspectos como un estudio del sitio de trabajo y la representación gráfica de los procesos, mediante el uso de mapas de flujo de valor, metodología utilizada por la Construcción Lean para identificar las actividades que agregan y no agregan valor a los mismos, con el objetivo de eliminar estas últimas y mejorar los procedimientos. Esto se realizó en la empresa Vivicon S.A. en dos de sus proyectos: Proyecto Avenir y Proyecto Cedro Real, ubicados en Santo Domingo de Heredia y camino a Barva de Heredia, respectivamente, ambos proyectos dedicados a la construcción de viviendas y apartamentos.

Los procesos constructivos seleccionados fueron la pega de bloques en paredes de primer y segundo nivel, también el armado y colocación de acero en vigas de entepiso. Estas actividades inicialmente se observaron para establecer las distintas tareas que conforman los procesos. Posteriormente, los trabajos realizados por los trabajadores se clasificaron en tres tipos: productivos (TP), contributivos o de apoyo (TC) y no productivos (TNP). Mediante el conocimiento previo de las tareas que componen los procesos y su clasificación, se procedió a recopilar información en campo, mediante observaciones, formularios, videos y fotografías; de esta manera, la evidencia física

permitió clasificar a la cuadrilla y, posteriormente, a cada trabajador de la misma. Aplicando técnicas como el Work Sampling, fue posible analizar a la cuadrilla de manera general; con la técnica de Five Minutes Rating, se pudieron establecer los intervalos de tiempo adecuados para la obtención de los datos y con Crew Balance fue posible identificar los datos de productividad; esto debido a que clasificaba de manera individual a los trabajadores mostrando el porcentaje de tiempo destinados por cada trabajador en una tarea específica, según las clasificaciones vistas anteriormente.

Los muestreos, para cada proceso, fueron realizados según el programa de construcción, se tomaron datos de manera aleatoria para establecer productividades y en el caso de rendimientos, se tuvo la oportunidad de permanecer en el sitio permanentemente y de esta manera fue posible realizar mediciones en diferentes condiciones de clima y temperatura, para los tres tiempos de trabajo: mañana, medio día y tarde.

La información obtenida permitió tener insumos para elaborar un mapa de flujo de valor para cada proceso en estudio, como lo menciona el autor Rafael Carlos Cabrera en su texto *Análisis de Cadena de Valor* “es una herramienta gráfica que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios ... Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora, este incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa” (Cabrera, 2017, p 3).

Se diseñó una base de datos donde se registraron los resultados obtenidos. El propósito de la base de datos es que sirva como una herramienta de consulta para facilitar el proceso de presupuestación, programación de obras y costos de la operación.

La medición de la productividad es de mucha importancia para una empresa, ya que, como menciona Serpell (1986), es una medición de eficiencia con la que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. La medida de la productividad en conjunto con el análisis de rendimientos permite a una empresa proyectar los procesos de manera adecuada, con el recurso necesario y sin pérdidas.

Los resultados obtenidos de productividad para los muestreos en su mayoría no cumplieron con los parámetros establecidos, como lo mencionan Botero & Álvarez (2004) y comparten el mismo pensar los autores Oglesby, Parker y Howell (1988), donde indican que se debe tener un comportamiento de 60 % – 40 %, donde ese 40 % se distribuye en un 15 % de trabajo no productivo y un 25 % de trabajo contributivo.

Se encontró en todas las muestras un exceso de trabajos contributivos, estas muestras tienen como resultado más de 45% del tiempo en trabajos contributivos, un 20% de más según lo establecido en la literatura, generando que los porcentajes de trabajo productivo disminuyan y, por otro lado, en muchos de los casos los porcentajes de trabajos no productivos sí cumplieron u obtuvieron un porcentaje menor de lo que se estableció.

Con respecto a los rendimientos, para el proceso de pega de bloques, se obtuvieron rendimientos basados en diferentes formas de trabajar, con cuadrillas de dos trabajadores, exceptuando una muestra que se realizó con tres trabajadores, la cual dio el mejor rendimiento, y logró terminar el proceso en un tiempo menor. Estos factores se deben tomar en cuenta para determinar el tamaño de la cuadrilla, según el programa de trabajo o las

necesidades de la empresa. Para el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entepiso, se logró identificar que un causante de las bajas productividades se debía al constante movimiento de los trabajadores a otras labores. A nivel general, se encontró que un factor que generó bajas productividades y rendimientos no deseados fue el excesivo acarreo del material y un diseño de sitio no funcional.

Para los aspectos negativos encontrados, se realizaron propuestas para que sean analizadas e implementadas.

# Introducción

Debido a la creciente actividad constructiva, las empresas deben competir para ser partícipes de distintos proyectos, pero para ello, se debe pasar por un proceso de selección, donde el cliente valora tres aspectos principales de mucha relevancia para tomar la decisión definitiva, a saber: tiempo, costo y calidad.

A nivel de una empresa constructora, para alcanzar los mayores estándares, se debe tener una muy buena programación, para cumplir a cabalidad cualquier plazo, costo y calidad, en la construcción de cualquier obra, pues este es el pilar o base fundamental en una construcción. Por lo tanto, un proyecto de construcción arranca con la programación y para establecer tiempos, con ello se debe aprovechar la experiencia adquirida o bien basarse en alguna base datos que le permita programar todas las actividades, para lograr los objetivos de manera exitosa.

De esta manera, en el presente proyecto, se analizarán los procesos constructivos de pega de bloques en paredes y armado y colocación de acero en vigas de entepiso. Como parte de este análisis, se medirán los rendimientos y productividades para su posterior estudio y proponer mejoras, que permitan agilizar el proceso constructivo, minimizar los tiempos y aumentar ganancias, manteniendo la calidad que es muy importante para la empresa Vivicon S.A.

VIVICON es una empresa que constantemente se encuentra buscando la manera de innovar, para poder así satisfacer la demanda de los clientes y brindar la mayor de las comodidades, por lo tanto, la empresa se encuentra comprometida y entiende la

necesidad de contar con un sistema de evaluación de productividad, mediante el análisis detallado de los procesos utilizados para la construcción de sus condominios.

La empresa en la actualidad trabaja con proyectos de una extensión de alrededor de 120 000 m<sup>2</sup>, dedicada en su mayoría a la construcción de viviendas de dos niveles y apartamentos, que no superan los 200 m<sup>2</sup> de construcción y 120 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Estas viviendas y apartamentos se construyen de manera repetitiva. Los procesos analizados fueron la pega de bloques en ambos niveles de una vivienda u apartamento, además, del proceso de armado y colocación de armadura para vigas de entepiso; esto para dos proyectos diferentes, el primero conocido como Cedro Real ubicado en Barva de Heredia y el segundo conocido como Avenir ubicado en Santo Domingo, Heredia.

El presente informe permitirá a la empresa contar con herramientas para realizar evaluaciones sobre procesos constructivos, para su posterior análisis y con ello determinar qué factores afectan la productividad y rendimientos para los procesos seleccionados.

Es importante tener claro que no necesariamente para obtener mayores productividades se debe trabajar más o contratar más mano de obra, con el fin de poder salir en los tiempos establecidos, sino tratar de ejecutar los trabajos de una forma más inteligente y optimizando al máximo los recursos.

Es indispensable el análisis de los procesos constructivos porque permite determinar los medios necesarios para

obtener el máximo aprovechamiento de los recursos, mejoramiento de rendimientos, aumento de productividades, disminución de residuos, así como la elaboración adecuada del diseño de sitio y puestos de trabajo.

## Objetivos

### Objetivo general

- Analizar y mejorar los procesos seleccionados de la empresa VIVICON en dos proyectos habitacionales, mediante el uso de herramientas adecuadas para la obtención de datos cualitativos y cuantitativos.

### Objetivo específicos

- Estimar la productividad y rendimientos para los procesos seleccionados.
- Analizar las condiciones del sitio actuales, así como el puesto de trabajo para los procesos seleccionados.
- Elaborar mapas de flujo de valor para los procesos seleccionados.
- Diseñar propuestas de mejora para los procesos seleccionados.
- Validar las propuestas de mejoramiento para los procesos seleccionados.

## Alcances y limitaciones

- El alcance de este proyecto es la determinación de rendimientos y productividades para procesos constructivos seleccionados por la empresa Vivicon.
- La empresa carece de un departamento especializado para la medición de rendimientos, por lo tanto, carece de una base de datos para la misma.
- Se pretende realizar una base de datos detallada, donde se deba ingresar los rendimientos obtenidos y con ello facilitar la labor de los presupuestistas de la empresa.
- No fue posible realizar encuestas escritas, debido a que la empresa argumentó que genera atrasos en las obras.
- Los videos o fotos tomadas en los procesos son de uso exclusivo de la empresa para su análisis y obtener de información necesaria, con el fin de buscar las mejoras de las mismas.
- Solo se analizaron procesos donde se estuviera desde el inicio hasta el final, en ningún proceso avanzado se permitió hacer el estudio, porque induce al error.
- Todos los datos obtenidos serán almacenados en hojas de cálculo con la herramienta de Microsoft Excel.
- Se presentaron documentos con datos cualitativos y cuantitativos a la gerencia de la empresa, donde se

establecen los aspectos negativos encontrados y las propuestas de mejoras para los mismos.

- Se implementa el concepto de productividad en el análisis de los procesos, ya que nunca se había analizado bajo ese concepto.
- Se presentaron casos de imposibilidad de completar o considerar por completo todas las etapas y sub-etapas que conlleva el proceso, debido a condiciones adversas.
- Para el análisis de los procesos, es necesario tomar en cuenta el tamaño de las cuadrillas, debido a que una mayor cantidad de trabajadores más dedicación implica, pues se deben analizar todos para obtener la información correcta.
- Las propuestas para la mejora de productividades y rendimientos estarán sujetas a variaciones por condiciones climáticas, así como factores internos y externos que pueden variar de un proyecto a otro.
- Que la respuesta por parte de la empresa no salga a tiempo con la entrega del avance, para poder validar la eficiencia de las propuestas de mejora.
- Los datos extraídos en campo, como los rendimientos y productividades pueden ser aplicables a la misma línea de construcción que maneja Vivicon, para viviendas de no más de dos niveles.
- Alteración de los datos cuantitativos obtenidos, esto debido al conocimiento por parte de los trabajadores del porqué se les

observa, lo cual puede influir en la forma en que estos trabajan.

- Errores asociados a medición, pues la subjetividad varía según la persona.
- Se le comunicó con anticipo al encargado la necesidad de medir algunas distancias, para así adecuar el espacio y tomar las medidas necesarias.
- Se analizaron las distancias de bodega al punto de trabajo.
- La información obtenida de los procesos en análisis no es suficiente para crear una base de datos adecuada que permita hacer una planificación completa de un proyecto.

# Marco teórico

Para entender el presente informe, es necesario conocer los conceptos básicos en una construcción, las diferentes técnicas que existen para la obtención y análisis de datos en campo, conceptos de productividad, sus beneficios y afectaciones, así como conceptos relacionados con la mano de obra.

## Conceptos básicos de construcción

La programación y ejecución de cualquier obra debe seguir una estructura adecuada, según el resultado deseado, donde se tiene el punto de inicio y dónde se pretende finalizar. Para cumplir esto, debe pasar por diferentes etapas, con el fin de alcanzar el final deseado, sin brincarse procesos o pasos, pues esto provocaría incumplimientos o malos trabajos. Toda programación debe tener estructuradas las actividades por realizar, desde lo más amplio hasta el mínimo detalle, según la obra.

### Etapa

A nivel de empresa constructora, se manejan varias etapas que serían las unidades más grandes en que se puede dividir una obra, en la cual reúne un conjunto de procesos. Se les conoce como etapa de obra gris, etapa de acabados o etapa de repellos, entre otros.

### Proceso

El proceso es una unidad menor a la etapa, pues involucra varias tareas o partidas, que de manera conjunta y siguiendo un orden

adecuado forman un elemento constructivo, el cual demanda tiempo, costo, mano de obra, materiales y equipos. Al mencionar elemento constructivo, se le puede vincular con una o unas vigas de concreto reforzado, que para cumplir con esto se puede seccionar en tareas o partidas.

### Tarea o partida

La tarea o partida es la unidad más pequeña que se puede encontrar a nivel constructivo, el conjunto de ellas forma un proceso, es decir, de la mano con dos o más tareas o partidas conjuntas forman un proceso. Son de importancia, ya que sin ellas no se obtiene el proceso y, por ende, una etapa constructiva terminada.

## Conceptos básicos de productividad

Se conoce que una de las metas principales de cualquier empresa constructora es que, al momento de administrar o ejecutar un proyecto, este le dé réditos con el menor recurso posible.

### Productividad

“La productividad se puede definir en forma más explícita como una medición de eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” o “...comprende tanto la

eficiencia como la efectividad...” (Serpell, 1986).

La productividad también la definen Dozzi y AbouRizk (1993), como la relación de entrada de un recurso asociado (usualmente, pero no necesariamente, expresado en horas-hombre) a la relación de salida, refiriéndose a esto como a la producción real, la que genera valor, es el proceso físico generado por las horas-hombre.

Se puede concluir que la productividad es la relación directa del trabajo realizado para un proceso específico y el recurso empleado, pero analizando si el recurso que se empleó fue el adecuado, es decir, si se utilizó eficientemente y ser eficaces.

Una forma matemática de ver el concepto de productividad es como la menciona Serpell (1986):

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

**Ecuación 1**

Se tiene que,

**Cantidad producida:** es el volumen producido, ya sea en m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, kg entre otros.

**Recurso empleado:** es la cantidad en horas hombre, necesarias para lograr finalizar el proceso.

**Eficiencia**

“Se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos” (Aspel, 2016).

**Eficacia**

“Consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa” (Aspel, 2016).

		UTILIZACION DE RECURSOS	
		POBRE	POBRE
LOGROS DE METAS	ALTO	EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE AREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD
	BAJO	INEFICIENTE E INEFECTIVO	EFICIENTE PERO INEFECTIVO

**Figura 1.** Relación entre eficiencia, efectividad y productividad  
Fuente: (Serpell, 1986)

En la Figura 1 se muestra cómo combinando el logro de las metas con poco uso de los recursos, se obtiene una alta productividad en cualquier proceso.

Por otra parte, es importante conocer la manera en que se dividen los tiempos de trabajo para la toma de datos, tales como:

**Tiempo productivo (TP)**

Es el tiempo empleado en donde el trabajador aporta en forma directa valor a la producción. Por ejemplo: la colocación de bloques, el pintado de una pared o la colocación de armadura (Serpell, 1986).

**Tiempo contributivo (TC)**

Es el tiempo empleado por el trabajador para realizar actividades de apoyo, que debe ser realizado para que se pueda ejecutar el trabajo productivo. Por ejemplo: recibir o dar instrucciones, leer planos, ordenar o limpiar, descargar camión, entre otros (Serpell, 1986).

**Tiempo no productivo (TNP)**

Es el tiempo empleado por el trabajador que no genera valor, no se encuentran dentro de las dos categorías anteriores. Por ejemplo: caminar con las manos vacías, esperar sin hacer nada, fumar, hablar por teléfono (Serpell, 1986).

Cuando se evalúa la productividad de los diferentes procesos en una construcción, entran en juego un sin fin de factores o aspectos que afectan de manera negativa o positivamente los procesos, para detallar algunos se pueden separar los factores negativos a nivel empresarial y a nivel individual de cada trabajador.

## **Factores que afectan la productividad en la empresa**

A nivel empresarial se pueden encontrar ciertos factores que deberían identificarse, tales como los que se mencionan Dozzi y AbouRizk (1993):

- Mala planificación de la obra.
- Una ineficiente comunicación, no dar las instrucciones claras.
- Un mal entorno laboral.

Además de los factores antes descritos, el autor Serpell (1986) menciona otros aspectos por considerar:

- Falta de materiales o bien materiales que no llegan a tiempo.
- Distancias a las que se encuentra la bodega con respecto al sitio de trabajo.
- Falta de supervisión por parte de los jefes.
- Clima y condiciones adversas en la obra.
- Rotación del personal.
- Inseguridad en el sitio.

## **Factores individuales que afectan la productividad**

A nivel individual de cada trabajador, se pueden encontrar otros factores que afectan la productividad, como los que menciona Dozzi y AbouRizk (1993):

- Exceso de horas extra que agotan al trabajador.
- Sobre asignación de trabajo.
- Asignación de trabajos no adecuados para el trabajador.

- Limitaciones físicas.
- Curva de aprendizaje.
- Problemas familiares, económicos entre otros
- Cansancio, mala alimentación

Una vez identificados aspectos negativos o factores que afectan la productividad en la empresa, existen estrategias que se pueden implementar para mejorar la productividad en la misma.

## **Estrategias para mejorar la productividad**

Algunas estrategias para mejorar la productividad mencionadas por Mohammad Khan (1993, pp. 148-156):

- Asesoramiento práctico (ayudar en el “cómo hacer” en lugar de imponer el “usted debe”).
- Identificar y aplicar soluciones de bajo costo.
- Desarrollar soluciones orientadas a mejorar simultáneamente las condiciones de trabajo, la calidad de la construcción y la productividad del trabajo.
- Concebir mejoras adaptadas a las situaciones reales totales.
- Poner énfasis en la obtención de resultados concretos.
- Vincular las condiciones de trabajo con los demás objetivos gerenciales.
- Usar como técnica el aprendizaje a través de la práctica.
- Alentar el intercambio de experiencias.
- Promover la participación de los trabajadores.
- Diseñar correctamente los puestos de trabajo.
- Usar eficientemente la maquinaria.
- Mejorar las condiciones de trabajo.

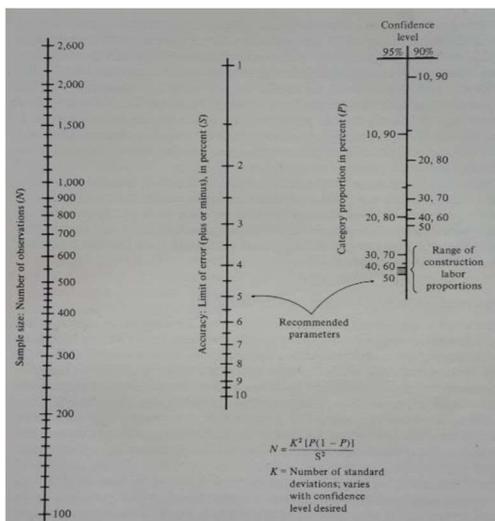
# Muestreo de trabajo

Para que la información obtenida al momento de medir en campo tenga validez, es necesario establecer el tamaño de la muestra. Como menciona Serpell (1986),

“...se recomienda por razones estadísticas, en general, en cualquier programa de muestreo se realicen no menos de 384 observaciones, ya que de esta forma obtiene una confiabilidad de 95% y un error asociado no mayor de ± 5% (es decir, resultado entre un 45% y un 55% para una proporción observada de 50%)

En la construcción, los valores normales para el caso de dos categorías (trabajando y no trabajando) varían entre un 30 % y un 70 %”.

Por otro lado, los autores Oglesby, Parker y Howell (1988), quienes se dedicaron a realizar investigaciones en el ámbito de la productividad en construcciones, indican que debe haber una proporcionalidad de productividad en actividades normales con rangos entre el 40% y el 60%, para niveles de confianza del 95%. Estos proponen un nomograma que permite determinar la cantidad de mediciones mínimas que se deben tomar para que los datos tengan validez.



**Figura 2.** Nomograma para la obtención mínima de muestras para un porcentaje de error  
Fuente: Oglesby, Parker & Howell, 1988

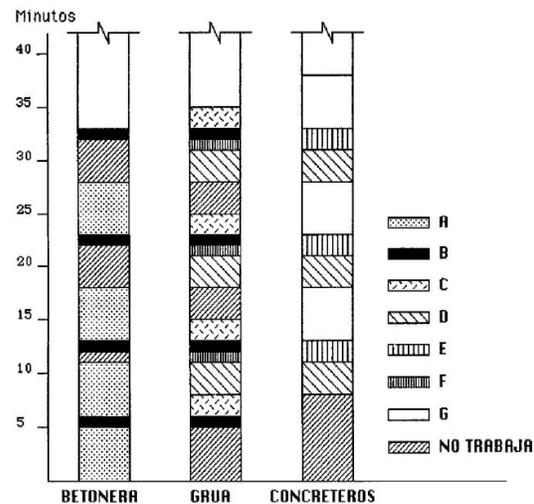
# Técnicas de medición

Para medir la productividad, se tomaron como referencia varias técnicas que permiten analizar posteriormente el comportamiento de las cuadrillas al realizar un proceso, estas son:

## Crew Balance

Es un método que compara las interrelaciones entre varios miembros de una cuadrilla y el equipo requerido para realizar la tarea, este método es aplicable a tareas cíclicas o repetitivas.

Para construir un gráfico, se toma el tiempo de la actividad repetitiva del trabajador o del equipo. Estos tiempos se pueden tomar preferiblemente con un temporizador (Dozzi & AbouRizk, 1993).



**Figura 3.** Gráfica de balance de cuadrilla  
Fuente: Serpell 1986

Este método permite identificar la cantidad de trabajadores necesarios para formar la cuadrilla, según el proceso en estudio, permite identificar todos los pasos que siguieron para realizar el proceso en estudio, así como el tiempo que invirtieron haciéndolo.

## Work Sampling

Este método es basado en una teoría estadística de muestreo. El objetivo básico de este es el de observar de manera aleatoria un proceso por un límite de tiempo y, posteriormente, inferir basado en esas observaciones, qué tan productivo es el proceso. La teoría estadística es aplicada porque el tiempo invertido tomando mediciones deber ser limitado.

Para ser más específicos, los autores Carrasco V., Hall. Bruce y Sweany J. de *Denver International Airport – South Terminal Redevelopment Program (2013)*, indican que este método es basado en el Teorema de límite Central, donde indican que una muestra de múltiples puntos aleatorios establecerá un perfil para todo el grupo. Adicionalmente, el número de trabajadores para ser observados debe ser una pequeña parte de todos los trabajadores de un proyecto, estos se deben clasificar en los tres tiempos antes mencionados: productivo, contributivo o no productivo, y con ello se obtiene cuánto porcentaje del tiempo fue dedicado a hacer un trabajo productivo, no productivo y contributivo.

Mediante investigaciones realizadas muestran que el porcentaje de trabajo productivo debe ser superior al 30 % (Dozzi & AbouRizk, 1993).

Work Sampling Sheet			
Project:			
Date:		Observer:	
Notes:			
Observation No.	Productive (Direct work)	Semi-Productive (Support work)	Non-Productive (Delay)
1	√		
2		√	
3	√		
4			√
5			√
6			√
7		√	
8	√		
9	√		
Total	4	2	3
Percentage	45%	22%	33%

**Figura 4.** Formulario para técnica Work Sampling  
Fuente: Dozzi & AbouRizk, (1993)

## Five Minute Rating

Es una técnica muy similar a la de Work Sampling, pero esta no es basada en teorías estadísticas (Dozzi & AbouRizk, 1993).

Este método, como su nombre lo menciona, es “Medición en intervalos de cinco minutos”, pero para efectos generales, se le conoce como “Medición en Intervalos de Tiempo”. Esto sugiere hacer observaciones en un intervalo de tiempo para el proceso en cuestión, es decir, se debe establecer con anterioridad cada cuánto se debe hacer cada observación, por ejemplo, cada cinco minutos o 10 minutos, si el proceso es muy extenso.

“Este método permite evaluar de forma rápida el nivel de productividad de un grupo de trabajadores que desempeña una tarea específica. Los resultados obtenidos son subjetivos; ya que dependen del criterio de cada observador. Sin embargo, son una base para establecer conclusiones” (Hizen, 2009).

Time	Spreader	Screeder	Grader	Bull-Floater
9:50	x	x	x	
9:55	x	x	x	
10:00				x
10:05	x	x	x	x
10:10	x		x	
10:15	x	x		x
10:20	x	x	x	x
10:25		x		x
Effective observations	6	6	5	5
Total observations = 32	Effectiveness = 22/32			
Observed effective = 22	5-Minute Rating = 68%			

**Figura 5.** Formulario para técnica Five Minute  
Fuente: Dozzi & AbouRizk, (1993)

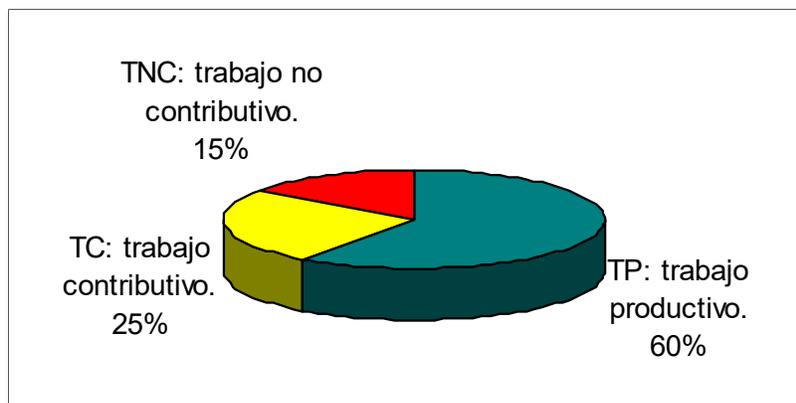
# Técnicas para el estudio del trabajo

## Sistema de Información de Actividades (SINA)

Se establece como una herramienta de análisis para proyectos, su objetivo es determinar los niveles de actividad del proyecto de acuerdo con las categorías de trabajo productivo, contributivo y no

productivo, con la intención de obtener los factores que afectan el proceso y de esta manera buscar las mejoras en la productividad de los procesos.

Como en Costa Rica no existen indicadores de algún estudio extensivo sobre el tema de la productividad en las construcciones, se van a utilizar los rangos idóneos en los cuales se deben encontrar las clasificaciones de los trabajos, se siguen los establecidos por estudios en Chile según Botero & Álvarez (2004), donde indican que los porcentajes deben ser como se muestra en la Figura 6.

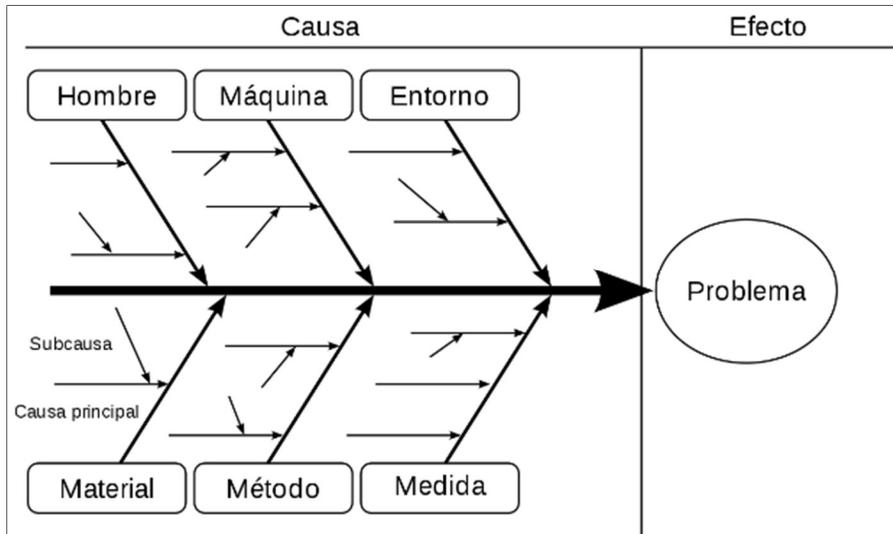


**Figura 6.** Valores metas de categorías de trabajo  
Fuente: Hernández, (1996)

El estudio se realiza para cada obrero de la cuadrilla, categorizando su trabajo según la actividad que realiza al momento de tomar las mediciones.

## Diagramas de Ishikawa

Con este diagrama se logran determinar las posibles causas que generan un problema en el proceso. Estas causas se dividen en varias categorías, entre las cuales se encuentran: máquinas, mano de obra, métodos, materiales, medios y mantenimiento. Además, al mismo tiempo estas causas primarias pueden contener causas secundarias.



**Figura 7.** Estructura de un Diagrama de Ishikawa  
Fuente: Wikipedia, 2017.

## Diagramas de flujo

“Un diagrama de flujo es una representación gráfica que desglosa un proceso en cualquier tipo de actividad a desarrollarse tanto en empresas industriales o de servicios y en sus departamentos, secciones u áreas de su estructura organizativa” (Manene, 2011).

“Se trata de una muy útil herramienta para poder entender correctamente las diferentes fases de cualquier proceso y su funcionamiento, y, por tanto, permite comprenderlo y estudiarlo para tratar de mejorar sus procedimientos” (Manene, 2011).

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

**Figura 8.** Figuras de un diagrama de flujo

## Mapas de flujo de valor (VSM)

Un mapa de flujo de valor, conocido por sus siglas VSM, en inglés *Value Stream Mapping*, fue implementado por la compañía Toyota, en su sistema de producción, el mapeo se utiliza para identificar el flujo, eliminar los residuos o actividades que no generen valor y cambiarlos por actividades que generan valor. Los autores Forbes y Ahmed (2011) lo definen como el mapeo de todas las acciones, tanto acciones que tienen valor como acciones que no generan valor, necesarias para obtener un producto determinado.

El autor Rafael Carlos Cabrera en su texto *Análisis de Cadena de Valor* define el mapeo de flujo de valor como “una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios”. “Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora, este incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que al cliente le interesa”.

Con este tipo de herramienta lo que se genera es un mapa del estado actual del proceso o procesos en análisis,

posteriormente, un mapa del estado futuro de cómo debería ser el procedimiento correcto generando valor y, por último, un plan de implementación (Rother & Shook, 2003).

Una manera para organizar la información que se pretende presentar en el mapa de flujo de valor, como lo menciona la Asociación Española para la Calidad, es por medio de un diagrama conocido como SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs-Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- **Proveedor (supplier):** persona que aporta recursos al proceso.
- **Recursos (inputs):** todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- **Proceso (process):** conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- **Cliente (customer):** la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

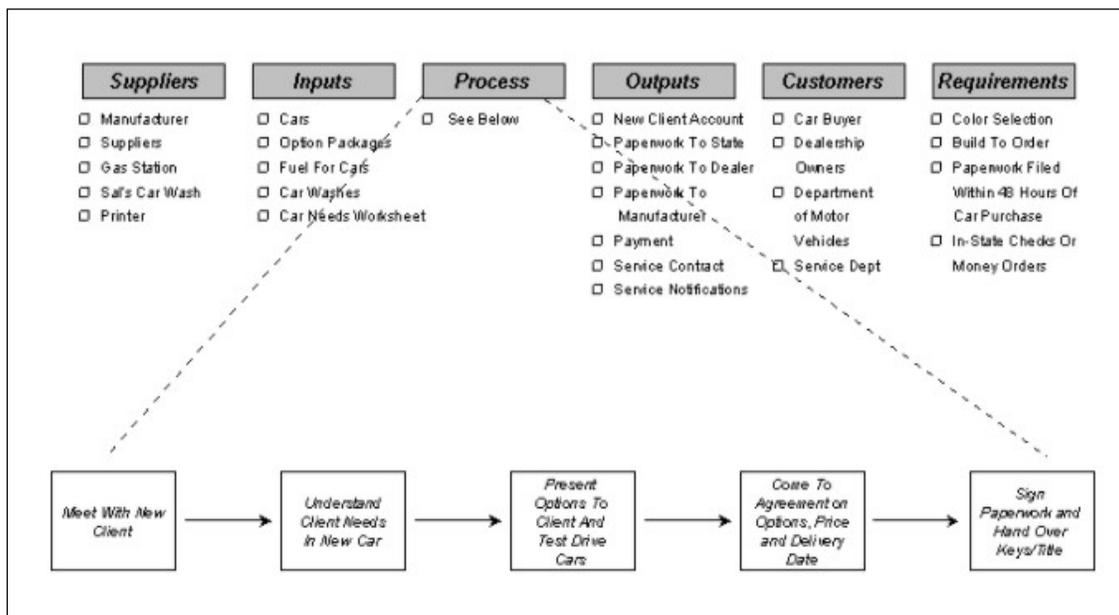


Figura 9. SIPOC Diagrama

En la Figura 10 se muestra un ejemplo de un mapa de flujo de valor, donde se secciona en cinco partes;

- a. **Materias primas:** insumos que entran a la cadena de producción.
- b. **Flujo de información:** esta sección va de la mano con la sección del flujo de material.
- c. **Salida de productos:** los productos que salen del flujo de transformación.

- d. **Flujo de material:** se presenta toda la información o indicadores necesarios para el análisis de un proceso y su flujo.
- e. **Línea de tiempo:** está sección se subdivide en dos tiempos: el *Lead time*, que es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa y el tiempo efectivo que genera valor.
- f. **Simbología:** espacio donde indica el significado de las figuras dentro del mapa.

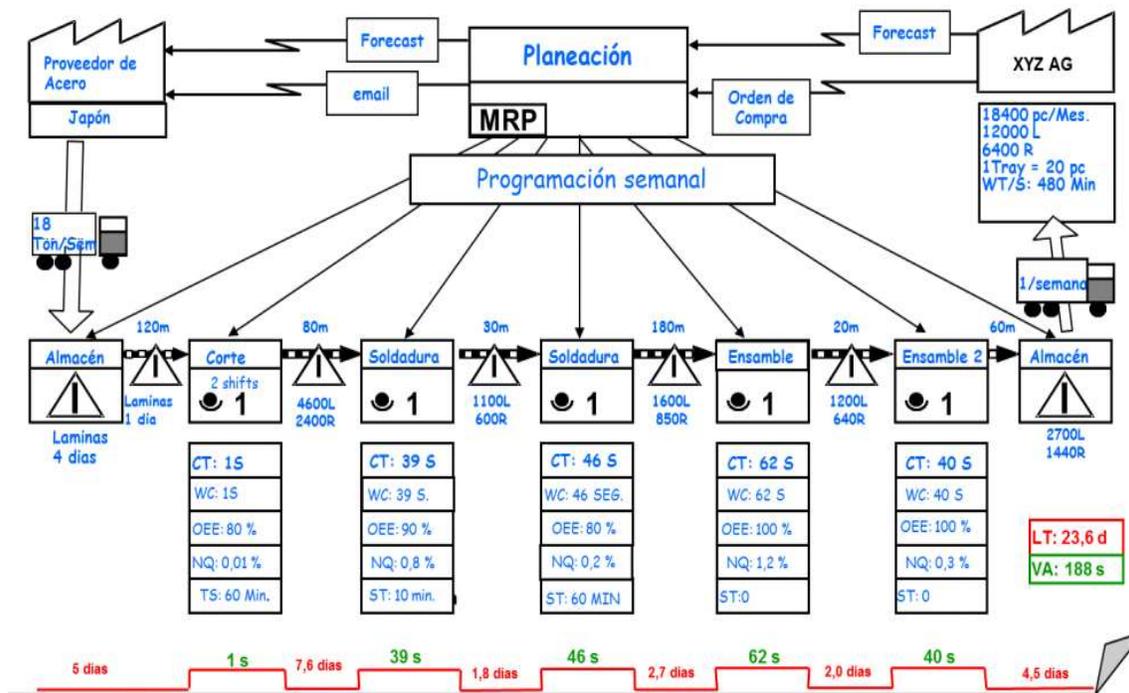


Figura 10. Mapa de flujo de valor

Shape	Name	Represents
	Inventory	Materials that are at a process step, waiting to be used.
	Supermarket	A controlled inventory that supplies a downstream process without interruption. The open side should face the process that supplies the materials for the supermarket.
	First-In-First-Out Sequence Flow	A type of inventory that promotes consistent, sequential workflow by requiring that the first piece to enter the inventory is also the first piece to enter the subsequent process step.
	Buffer Stock	A type of inventory that is used to protect against uncertainties in customer demand and in the supply chain. Also known as safety stock.

**Figura 11.** Figuras de inventario en un mapa de flujo de valor

Shape	Name	Represents
	Process	An area of flow, or an individual operation.
	Outside Sources	Customers, suppliers, and outside manufacturing processes that provide materials or services.
	Shipment	Shipments of materials or products.
	Withdrawal	The point where a downstream process pulls from an upstream supermarket.
	Push Arrow	The movement of material or work that is pushed, instead of pulled.
	Finished Goods	The movement of material or finished goods.

**Figura 12.** Figuras de materiales un mapa de flujo de valor

## Conceptos de rendimientos de mano de obra

El concepto de rendimiento se refiere a la cantidad que se obtiene de un recurso que interviene para realizar una unidad de obra. De forma matemática, se ve según la siguiente ecuación:

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

**Ecuación 2**

Es un dato que las empresas deben manejar, debido a que con ello se pueden determinar costos y plazos de un proceso, esto permite realizar una programación de obra más acorde con la realidad.

Según el autor Luis Fernando Botero (2002), el rendimiento de mano de obra se

puede ver afectado por diversos factores, tales como:

- Economía general: considera el estado económico de la nación o área específica en donde se desarrolla el proyecto.
- Aspectos laborales: refiere a las condiciones laborales en que se realiza el proyecto. Los aspectos por considerar bajo esta categoría son el tipo de contrato, sindicalismo, incentivos, salarios o pagos por labores a destajo, el ambiente de trabajo, la seguridad social y seguridad industrial.
- Clima: se debe considerar la ubicación del proyecto y el clima que prevalece, según el estado del tiempo puede variar el rendimiento; aspectos por considerar, como se mencionó: el estado del tiempo, temperatura, condiciones del suelo y si el trabajo es al aire libre o bajo cubierta.
- Actividad: las condiciones específicas de la labor en la que se va a desempeñar, pues el rendimiento varía según la ejecución, los medios y el entorno de cómo se pretende trabajar.
- Equipamiento: disponer de equipo apropiado según las labores que le fueron encomendadas, esto se puede dividir en equipos de protección personal para evitar accidentes, los cuales dan seguridad y el equipo de trabajo, llámese herramientas de trabajo, pues sin ellas el proceso no se puede realizar o se puede complicar mucho y no dar la calidad que se requiere.
- Supervisión: la calidad y experiencia del personal a cargo influyen considerablemente en las operaciones de la obra.
- Trabajador: los aspectos personales del trabajador influyen en su rendimiento, la experiencia o el conocimiento para realizar un proceso específico y su motivación.

## Cálculo del rendimiento

Para obtener cuantitativamente el valor del rendimiento de un proceso, tomando en cuenta la cantidad de integrantes que estuvieron involucrados en el mismo, se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{t \times n}{V}$$

### **Ecuación 3**

Donde:

R = Rendimiento expresado en horas hombre sobre la unidad de trabajo o volumen de trabajo.

t = El tiempo que tardaron en realizar la obra, se puede analizar con tiempos efectivos o tiempos completos.

n = Cantidad de trabajadores involucrados.

V = Unidad de trabajo, el volumen de trabajo.

## Eliminación de datos

Cuando se logra tener varios resultados de rendimientos para un mismo proceso, siempre se encontrarán valores distintos, a pesar de que son de un mismo proceso, algunos valores lejanos al valor promedio deben ser desechados porque no se asemejan a la realidad y generan resultados alterados e incorrectos.

Basado en la experiencia o criterio profesional, es importante adecuar un margen considerable que permita identificar cuáles valores se pueden tomar como aceptables basados en el promedio.

## Obtener el promedio de los datos

El promedio de los datos se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

### **Ecuación 4**

## Costo de hora hombre

Basados en el rendimiento promedio, es posible obtener el monto que se le debe cancelar a la cuadrilla por el proceso realizado, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo}_{HH} = \frac{\#O \times \frac{\text{salario}}{\text{hora}} + \#A \times \frac{\text{salario}}{\text{hora}} + \#P \times \frac{\text{salario}}{\text{hora}}}{\text{Cantidad de trabajadores}}$$

### ***Ecuación 5***

Donde:

#O = Cantidad de operarios

#A = Cantidad de ayudantes

#P = Cantidad de peones

# Metodología

A continuación, se presentan en detalle los pasos que se siguieron para llevar a cabo este informe.

El presente proyecto se realizó en modalidad de práctica profesional dirigida para la empresa Vivicon S.A. Esta empresa fue la encargada de seleccionar los proyectos de los cuales se tomaron los datos, se tomó la decisión de analizar dos proyectos que están en desarrollo, como lo son el Proyecto Cedro Real y el Proyecto Avenir. La gerencia decidió que los procesos de mayor interés para ellos son la pega de bloques en todas sus etapas y el armado y colocado de vigas de entepiso, para ello se debía obtener un análisis del sitio de trabajo, rendimientos de mano de obra y productividades.

De manera general, para cumplir con los objetivos establecidos para el presente informe, el procedimiento seguido se dividió en nueve etapas:

1. Reunión con gerencia para presentar la propuesta y conceptos que se aplicaron en la obtención de mediciones.
2. Obtención de información general sobre planos y diseños de sitio.
3. Visita a campo, visualizar los procesos en estudio.
4. Realizar encuestas a los trabajadores, medir distancias de bodega a punto de trabajo.
5. Análisis de los problemas que se presentan en el proceso en estudio.

6. Montar documentos o formularios que permitan la obtención de datos en campo.
7. Aplicar las técnicas de productividad en campo con los formularios antes realizados.
8. Análisis detallado de los datos obtenidos, montar informes para presentar a gerencia.
9. Realizar propuestas de mejora en las actividades seleccionadas.

## Descripción de los proyectos

Ambos proyectos seleccionados son condominios de vivienda horizontales de dos niveles más sectores de áreas sociales.

El sistema constructivo está formado por placas corridas o losas de fundación, paredes mampostería y livianos, entepisos, columnas y vigas chorreadas, estas deben tener una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### Proyecto Cedro Real

Este proyecto comprende un área aproximada de 28 000 m<sup>2</sup>, donde se pretende construir 130 viviendas, además de áreas comunes y zonas verdes. El proyecto se encuentra ubicado en la carretera a Barva de Heredia, del Automercado un km norte y 100 m oeste.



Figura 13. Proyecto Cedro Real (Vivicon, 2016)

## Proyecto Avenir

Este proyecto comprende un área aproximada de 120 000 m<sup>2</sup>, el cual se divide en 11 fincas, de las cuales cinco son para la construcción de 200 viviendas y otras cinco

fincas para la construcción de 240 apartamentos, lo cual genera 440 unidades habitacionales, además de zonas verdes, áreas sociales y locales comerciales. El proyecto se encuentra ubicado a 600 m oeste del parque central de Santo Domingo de Heredia.



Figura 14. Proyecto Avenir (Vivicon, 2017)

## Procedimiento

Como primer paso para iniciar el proyecto, se realizó una reunión con la gerencia, gerente general y director de proyectos. Considerando que la empresa no cuenta con un departamento especializado para la medición de rendimientos, análisis de problemas en relación con las programaciones, control de materiales en presupuesto e información de productividad en sus procesos constructivos, se les presentó la propuesta del análisis de procesos que la empresa considerara de mayor importancia, por lo tanto, en la misma reunión se seleccionaron los procesos de pega de bloques de las casas y apartamentos en todas sus etapas, es decir, desde cimientos, paredes de primer nivel, paredes de segundo nivel y tapichel, además del armado y colocado de armadura de vigas de entepiso.

Con los procesos seleccionados, se procedió a realizar una visita a los dos proyectos asignados, con la intención de conocer primeramente el estado actual del proyecto, en relación con su nivel de avance. En la primera visita al Proyecto Avenir, se observó que la finca dos ya se encontraba prácticamente terminada, con 55 viviendas terminadas de 63, de las ocho que quedaban, cuatro no se habían iniciado y las otras cuatro ya tenían un avance considerable. Por otro lado, en finca seis se estaba arrancando la construcción de dos viviendas, en esta finca se tiene proyectado construir 57 viviendas y, por último, en finca tres, donde se tiene programada la construcción de 46 apartamentos, se tenían avanzados los primeros cuatro.

En la primera visita al Proyecto Cedro Real, se observó que el proyecto estaba bastante avanzado, de las 130 viviendas había pendientes 49, de las cuales nueve ya tenían algún avance.

Se establecieron dos semanas para visualizar los procesos, entenderlos más a fondo y ponerse al tanto del cronograma para

coincidir con las fechas de inicio de los procesos en estudio.

En estas dos semanas se observaron cuáles recursos se utilizaban en las tareas que componen los procesos seleccionados, para ir definiendo las herramientas, equipos, cantidad de mano de obra y materiales que se utilizaban. Con esta información se obtuvieron los diagramas de Ishikawa, diagramas de flujo e insumos para el mapeo de flujo de valor en cada proceso, estos cuadros se incluyen en la sección de resultados más adelante. Los diagramas de Ishikawa, los diagramas de flujo, los mapas de flujo de valor y los cuadros de datos se elaboraron con la herramienta de Microsoft Office, Visio 2016.

Además, permitió hacer las mediciones de distancias, con un odómetro y tomar los tiempos de traslado de los trabajadores desde la bodega hasta el sitio de trabajo.

Las tareas se clasificaron según los tres tipos de trabajo a saber: productivo, contributivo y no productivo, que se presentan al realizar cualquier proceso, esta categorización se va a conocer como *categorías de primer nivel*.

Como se pretendía implementar la medición de productividad en la empresa, se buscó una manera donde la categoría de primer nivel se detallará aún más, según tareas generales presentes en cualquier proceso constructivo, es decir, no se pretendía generar un formulario individual para cada proceso o ser muy detallado, por lo tanto, se estudian las técnicas de productividad y se busca la manera de unificarlas cumpliendo los diferentes parámetros que cada uno conlleva, siempre tomando como criterio principal categorizar las tareas según la categorización de primer nivel.

De esta manera, a los trabajos contributivos y no productivos se les asignaron subdivisiones que considerarán de manera general las tareas de cualquier proceso. A estas categorías se les conocerá como *categorización de segundo nivel*, las cuales son las siguientes:

- Trabajo contributivo o apoyo: andamiaje, apoyo, instrucción, limpieza y orden, supervisión, transporte de menos de cinco metros y transporte de más de cinco metros.
- Trabajo no productivo: ausente, descanso, esperas, retrabajos, tiempo ocioso, viaje.

La diferencia entre transporte y viaje se debe a que, en el transporte, el trabajador o maquinaria traslada el material que va a ser utilizado, por lo tanto, se considera como trabajo contributivo; por otro lado, como viaje se le considera al traslado del trabajador con las manos vacías o maquinaria sin ningún material y se considera como trabajo no productivo.

Solamente se subdividen estos dos tipos de trabajos porque son los que necesitan ser mejorados, pues si se logran mejorar, automáticamente se transforman en trabajo productivo, que es lo deseado.

La siguiente etapa del proyecto se inició con la toma de mediciones para obtener datos de productividad y rendimientos de mano de obra. Los procesos se realizaban en varios sectores de los proyectos, por lo tanto, se acudió al ingeniero residente para tener conocimiento de cuál proceso iniciaría en los próximos días, para realizar la toma de mediciones desde el inicio del proceso.

Para la toma de datos, antes de iniciar la medición, se le consultaba al operario o

encargado un estimado de la duración del proceso, con ese estimado se tomaba la decisión de cuál debía ser el intervalo de tiempo adecuado para la toma de datos del mismo, para poder abarcar el proceso completo con la cantidad de medidas estadísticamente aceptable.

Las mediciones de productividad y el rendimiento se tomaban de manera paralela, se tuvo la oportunidad de ser partícipe durante el proceso completo, esto se refiere a que, para el proceso de pega de bloques, se estuvo en promedio seis días la jornada completa para cada muestreo y para el armado y colocación del acero en vigas de entrepiso, un máximo de dos días, de igual forma la jornada completa. Para la toma de los datos tanto de productividad como de rendimientos, se hizo mediante un cuadro que fue diseñado para este fin, donde se incluyen intervalos de tiempo, los tipos de trabajo, composición de la cuadrilla, fechas, observaciones y el volumen producido.

La Figura 15 muestra un ejemplo del formulario que fue utilizado para llevar el control de los datos de entrada para la productividad y para el cálculo de rendimientos, donde se tiene que la primer fila del formulario presenta la categorización de primer nivel y, seguidamente, en la segunda fila presenta las subcategorías, como se mencionó anteriormente las categorías de segundo nivel.

Formulario para Medición de Rendimientos en Procesos Constructivos																
Proceso de: _____		Operario			Ayudante			Peon			Fecha: / /			Pagina /		
Detalles: _____																
Intervalos de @5 min	Trabajo Productivo	Trabajo Contributivo									Trabajo No Productivo					
		Andamiaje	Apoyo	Instrucción	Lim y Ord	Medición	Supervisión	Trans - 5 m	Trans + 5 m	Trazo	Ausente	Descanso	Esperas	Retrabajo	T. Ocioso	Viaje
0:00:00																
0:05:00																
0:10:00																
0:15:00																

Microsoft Office Excel

**Figura 15.** Cuadro utilizado para la toma de datos de productividad y rendimientos  
Fuente: elaboración propia

Los datos se obtuvieron mientras se estaba en campo, de manera ordenada, se lleva el control del volumen de trabajo que realizaban los trabajadores en sus cuatros tiempos, antes del desayuno, posterior al desayuno, posterior al almuerzo y, por último, después del café.

El proceso seguido para anotar las observaciones en el formulario expuesto en la Figura 15 fue el siguiente: primero, consultar con anterioridad un estimado de duración, donde los procesos tenían duraciones en días, se tomó un criterio de más de dos días de duración. Las mediciones se debían tomar en intervalos de cada cinco minutos, menor a esa duración intervalos de tres minutos. Seguidamente, identificar la cuadrilla, cantidad de integrantes, identificar a los trabajadores por la inicial de su nombre, esto para poder clasificarlos según el tipo de trabajo que realizaban al momento de la toma del dato, con el fin de llevar de manera paralela los datos para rendimientos, se anotaban observaciones a la hora específica en que se iniciaba una tarea y su hora de finalización, además del volumen de trabajo medido.

Al ser procesos con duración en días, se tomó la decisión de realizar pequeños videos de tareas con especial interés y, por otro lado, se configuró una cámara que tomaría fotos cada 10 segundos, para de esta manera poder tener evidencia del proceso completo.

Una vez recolectados los datos de entrada, se continua con el procesamiento de los mismos, donde se debía trasladar toda la información tomada a mano a la computadora, esto para generar los gráficos necesarios, según las técnicas antes mencionadas para este caso. En la elaboración de mapas de flujo de valor, se debía contener datos de todas las tareas, además de información de tiempos, cantidad de materiales, distancias, herramientas.

La categorización del trabajo se hizo considerando el efecto que tenía la actividad con respecto al proceso, siguiendo el criterio

de si la actividad generaba valor al proceso, donde el cliente analizaría que pagaría por dicha actividad, se consideraba como trabajo productivo. Si el trabajo consistía en facilitar la labor, preparar algo para una tarea más importante, pero no genera valor directamente al proceso, es una actividad que por obligación se debe hacer para poder avanzar con la tarea principal, se clasifica como trabajo contributivo o de apoyo. Y, por último, si ninguna de las actividades o tareas realizadas por el trabajador cabe dentro de los dos tipos de trabajo mencionados anteriormente, se consideró como trabajo no productivo, además de que dichas labores no generan valor al proceso, más bien provocan invertir más tiempo para realizar la tarea principal.

Los datos fueron procesados utilizando la herramienta de hojas de cálculo en el *software* Microsoft Office Excel 2016.

Los rendimientos fueron calculados mediante las anotaciones que se realizaron en el formulario antes descrito, además, se toma la información de duraciones para obtener los resultados en unidades horas hombre (HH) y la información referente al volumen de trabajo realizado.

Los datos de rendimientos y productividades permitieron la elaboración de una base de datos con los resultados de los mismos, para su posterior uso como herramienta de consulta. Esta base de datos se elaboró con el *software* Microsoft Office Excel 2016, esta base de datos contiene información adicional, además de los rendimientos, como clima y tipo de suelo, observaciones que se deben considerar para futuros proyectos.

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a estudiar los procesos para determinar posibles causas que generan pérdidas de tiempos, bajas productividades, o los malos rendimientos, las cuales se presentan en los diagramas de Ishikawa.

Una vez detectadas las causas, se realizaron propuestas de mejora, esperando que la gerencia las validara.



Microsoft Office Excel

Figura 16. Portada de base de datos

## Procesos Seleccionados

Como se mencionó anteriormente, los procesos seleccionados para la toma de mediciones fueron:

- Pega de bloques en paredes de primer y segundo nivel, en casas y apartamentos.
- Armado y colocación de acero en vigas de entrespiso.

### Pega de bloques

Para este proceso se identificaron una serie de tareas que se incluyen dentro de la categorización de segundo nivel, como trabajo contributivo, las tareas dentro de la clasificación de *Apoyo* se tienen las siguientes:

- Realización de mezcla de concreto para el relleno de celdas.

- Realización de mezcla de pega de bloques.
- Verter mezcla en carretillo o cubetas.
- Pasar herramientas.
- Doble de varilla.
- Corte de varilla.
- Corte de bloques.



Figura 17. Ejemplo de doblaje de varilla horizontal



**Figura 18.** Ejemplo de realización de mezcla para pega de bloques

Dentro del trabajo productivo se incluyen las siguientes tareas:

- La colocación de la varilla horizontal o ganchos.
- La colocación y pega de bloques.



**Figura 19.** Pega de Bloques

Y, por lo tanto, aquellas tareas que no se enuncian bajo la categorización en segundo nivel ni las enunciadas anteriormente, se consideran como trabajos no productivos.

Las paredes de bloques se trabajan con bloques Integra de 12x20x40 cm y con bloques de 12x20x26 cm. El acero de refuerzo horizontal se realizó con varilla #3 que se ubica en cada tres hiladas. Las celdas que se debían rellenar son solo las que contienen varillas verticales.

## Armado y colocación de acero en vigas de entepiso

Este proceso se analizó en dos partes, el armado que se realiza en un taller de armadura y, posteriormente, la colocación de los elementos armados. De igual manera, para este proceso se identificaron una serie de tareas que se incluyen dentro de la categorización de segundo nivel, como trabajo contributivo, las tareas dentro de la clasificación de Apoyo se tienen las siguientes:

- Doblado de varilla.
- Realizar aros.
- Cortar varillas.
- Pasar herramientas.



**Figura 20.** Corte de varillas



**Figura 21.** Doblaje de varilla

Dentro del trabajo productivo se incluyen las tareas:

- Armado de vigas, colocación de aros, ganchos y varillas longitudinales.
- Colocación de las vigas en el sitio previsto.

➤ Colocación de separadores.



**Figura 22.** Armado de vigas



**Figura 23.** Colocación de vigas

Como se mencionó anteriormente, toda tarea que no se encuentre dentro los parámetros o categorías descritas en el formulario, se considerarán como trabajos no productivos.

El proceso de armado y colocado del acero, se realiza con varillas y alambre negro en el taller de armadura, se inicia con la confección de aros (Figura 21), debido a que el proceso es repetitivo y se manejan los mismos modelos de viviendas y apartamentos, razón por la cual los trabajadores tienen notas de las cantidades necesarias. Posteriormente, cortan las varillas longitudinales según las medidas que vienen en planos, como se muestra en la Figura 20, con esto arman las vigas como se muestra en la Figura 22, una vez terminadas las ubican fuera del taller, donde deben esperar que las formaletas estén colocadas, para pasar al proceso de colocación de las mismas, como se muestra en la Figura 23.

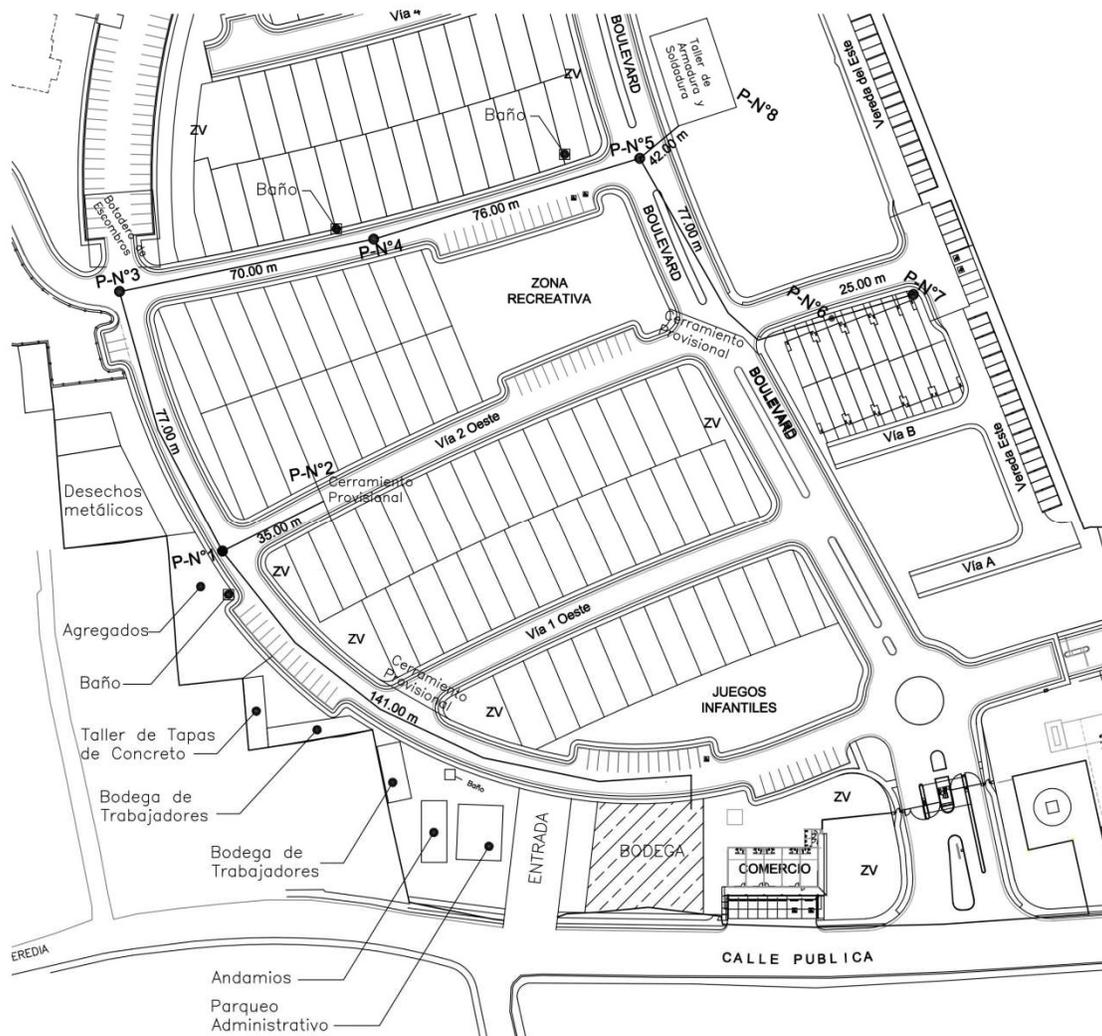
# Resultados

## Análisis del proyecto

### Proyecto Avenir

En la Figura 24, se muestran las mediciones realizadas al Proyecto Avenir con respecto a

distancias y tiempos que deben realizar los trabajadores todos los días desde la bodega hasta su sitio de trabajo, además de ubicar cómo se encuentran actualmente todos los talleres, ubicaciones de agregados, toda la distribución de materiales y equipos.



PUNTO N°	PUNTO DE CONTROL	DISTANCIA (m)	DURACIÓN (min:ss)
0	BODEGA [REFERENCIA]	0,00	00:00
1	Cruce vía 2 Oeste - Paseo del Oeste	141,00	01:39
2	Vía 2 Oeste Cerramiento Provisional	176,00	-
3	Cruce Paseo del Oeste - Vía 3 Oeste	218,00	02:31
4	Frente a Casa #255	288,00	03:18
5	Cruce vía 3 Oeste - Boulevard	364,00	04:10
6	Cochera Apartamento #304	441,00	05:07
7	Esquina Apartamento #309	466,00	05:28
8	Taller de armadura y soldadura	406,00	-

**Figura 24.** Diseño actual de sitio en Proyecto Avenir

# Proyecto Cedro Real

En la Figura 25, se muestran las mediciones realizadas de distancias y tiempos de traslado por parte del personal a sus sitios de trabajo.

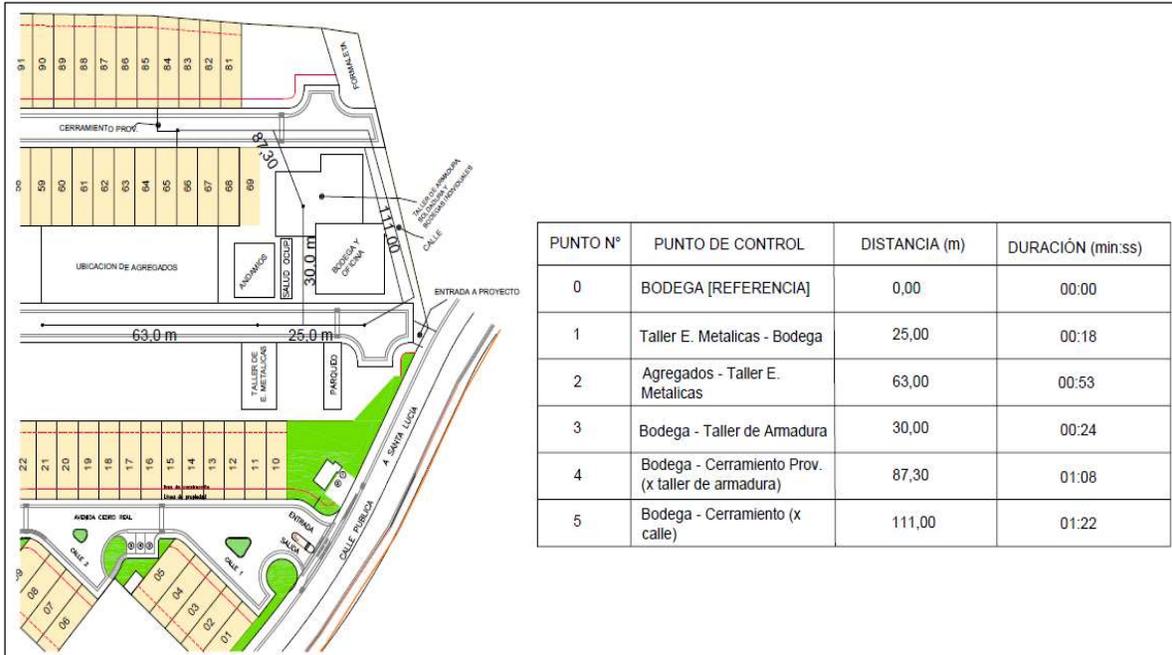


Figura 25. Diseño actual de sitio en Proyecto Cedro Real

## Análisis de los procesos

### Pega de bloques

En la Figura 26, se muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de pega de bloques, con sus respectivas tareas para lograr cumplir con el objetivo y en la Figura 27, se muestra un diagrama de Ishikawa,

basados en las observaciones, vistas en campo y en preguntas hechas a los obreros, se analizan los diferentes factores que afectan la productividad en el proceso de pega de bloques.

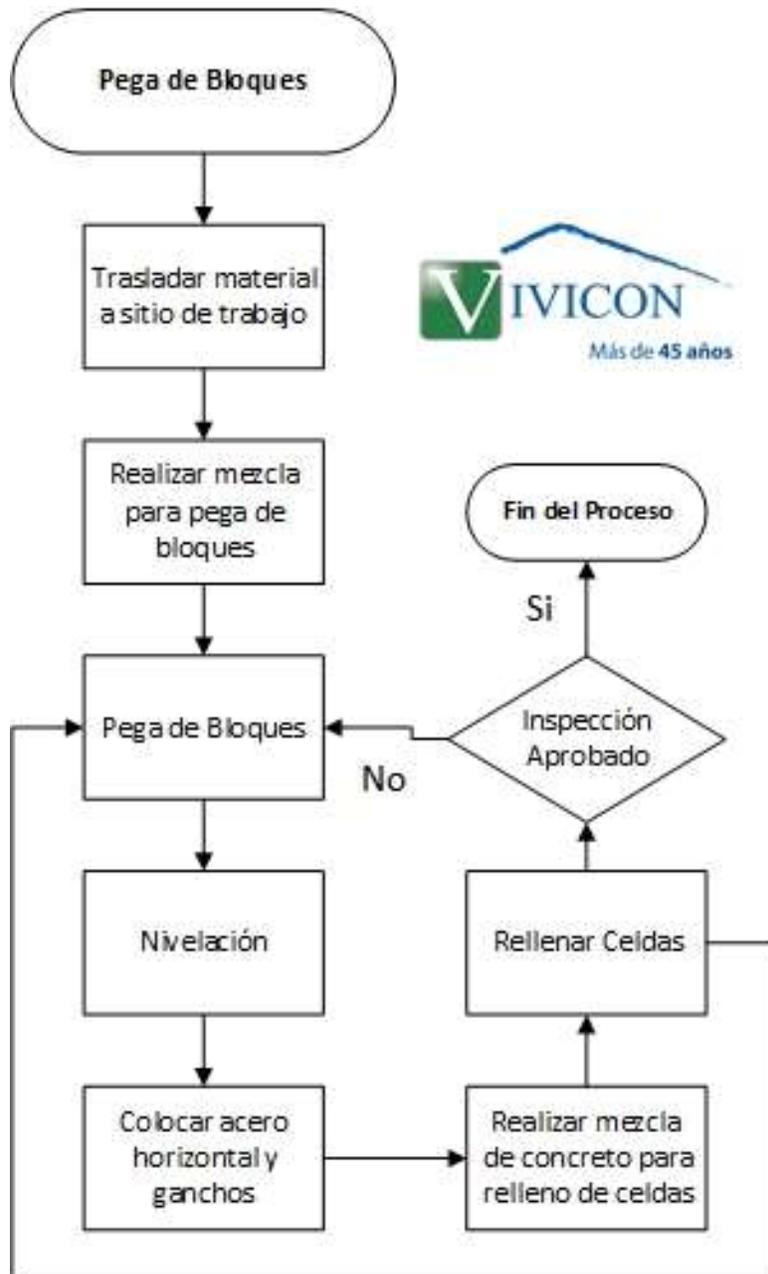


Figura 26. Diagrama de flujo para el proceso de pega de bloques



Figura 27. Diagrama de Ishikawa para el proceso de pega de bloques

A continuación, se presenta un cuadro con los recursos necesarios para realizar el proceso

<b>CUADRO 1. RECURSOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE PEGA DE BLOQUES</b>		
Equipos o Herramientas	Material	Mano de obra
Volquete Batidora Carretillo Cubetas Cinta métrica Cuchara Nivel Escuadra Cizalla Andamios	Bloques Cemento Arena Piedra Pega Bloque Varilla	1-2 Operarios 1 Ayudante

### Muestreo 1: Pega de bloques de una casa, segundo nivel

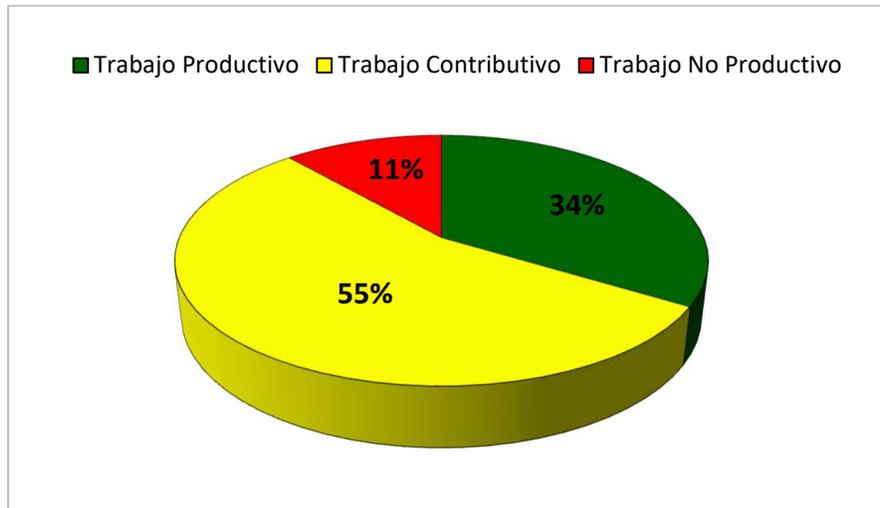
En el cuadro 2, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

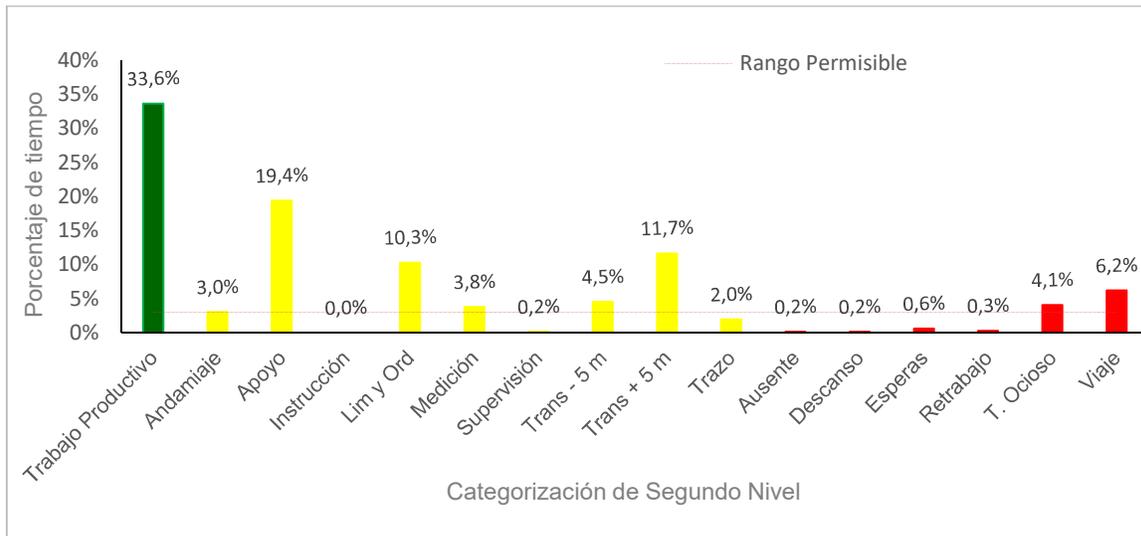
<b>CUADRO 2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	21/06/17 al 28/06/17
Estado del Tiempo:	Variado

En la Figura 28, se puede observar de manera general el grafico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 29, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 28 a nivel de cuadrilla.



**Figura 28.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 29.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 30, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño individual de los integrantes de la cuadrilla y el

porcentaje del tiempo que se invirtió en cada labor.

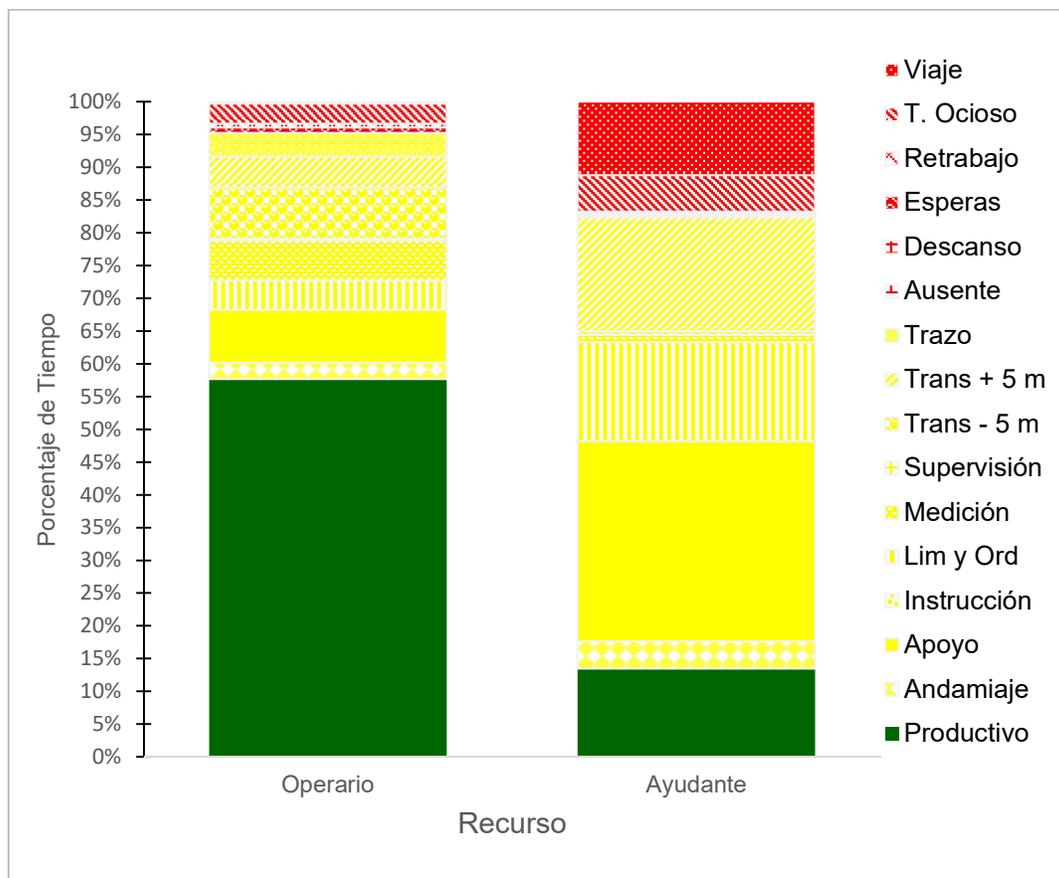


Figura 30. Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Pega de bloques en segundo nivel del muestreo 1

En el cuadro 3, se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de pega de bloques en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información general de los

involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a “Efectiva” no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con “Absoluto” sí contempla tiempos muertos.

CUADRO 3. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 1						
Cuadrilla		Medición	Duración (días)		Rendimiento Mano de Obra	
Operario	Ayudante	Cantidad	Efectiva	Absoluta	Efectivo	Absoluto
1	1	105,79 m <sup>2</sup>	4,03	6,15	2,63 m <sup>2</sup> /h	1,72 m <sup>2</sup> /h
					33 Bloq/h	22 Bloq/h

## Muestreo 2: Pega de bloques de un apartamento, segundo nivel

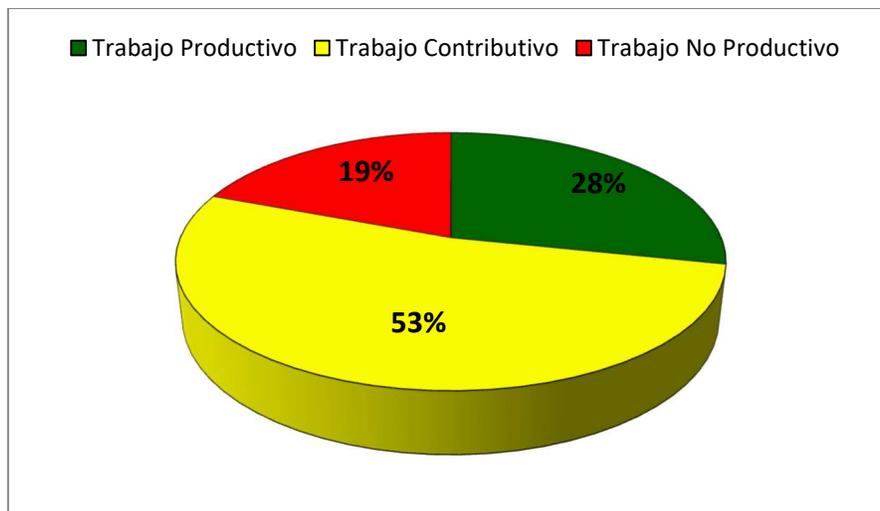
En el cuadro 4, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

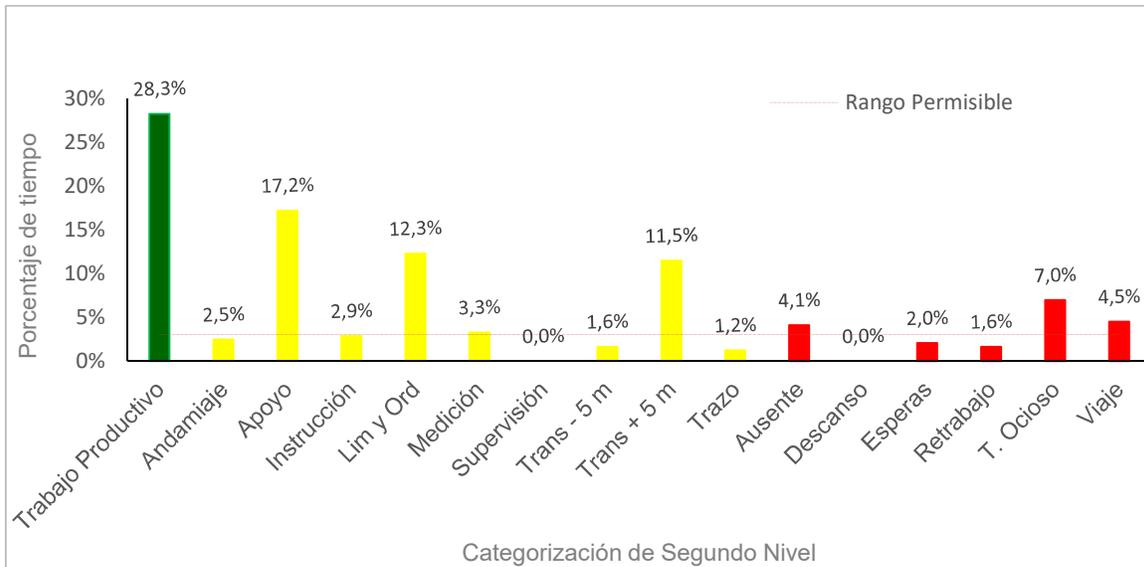
<b>CUADRO 4. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	20/07/17 al 24/07/17
Estado del Tiempo:	Variado

En la Figura 31, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 32, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 31 a nivel de cuadrilla.



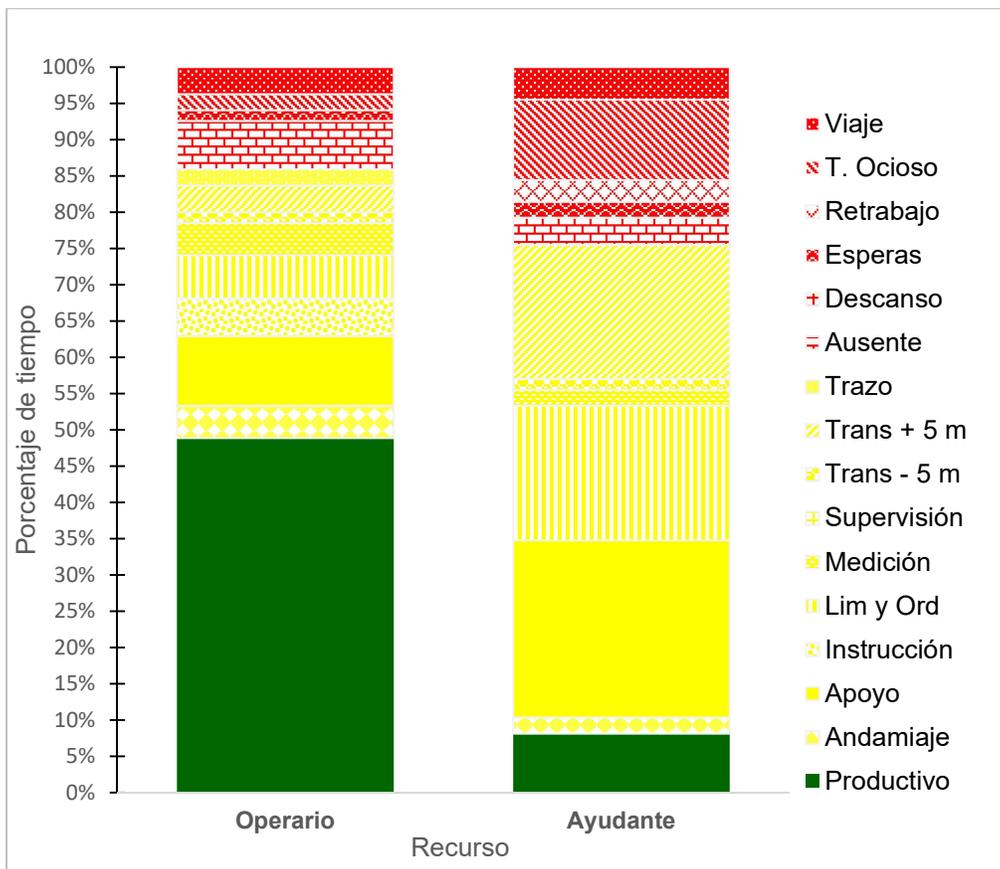
**Figura 31.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 32.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 33, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño individual de los integrantes de la cuadrilla y el

porcentaje del tiempo que se invirtió en cada labor.



**Figura 33.** Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Pega de bloques en segundo nivel del muestreo 2

En el cuadro 5, se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de pega de bloques en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información general de los

involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a “Efectiva” no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con “Absoluto” sí contempla tiempos muertos.

<b>CUADRO 5. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 2</b>						
<b>Cuadrilla</b>		<b>Medición</b>	<b>Duración (días)</b>		<b>Rendimiento Mano de Obra</b>	
Operario	Ayudante	Cantidad	Efectiva	Absoluta	Efectivo	Absoluto
1	1	46,88 m <sup>2</sup>	2,36	3,30	1,99 m <sup>2</sup> /h	1,42 m <sup>2</sup> /h
					25 Bloq/h	18 Bloq/h

## Muestreo 3: Pega de bloques de un apartamento, segundo nivel

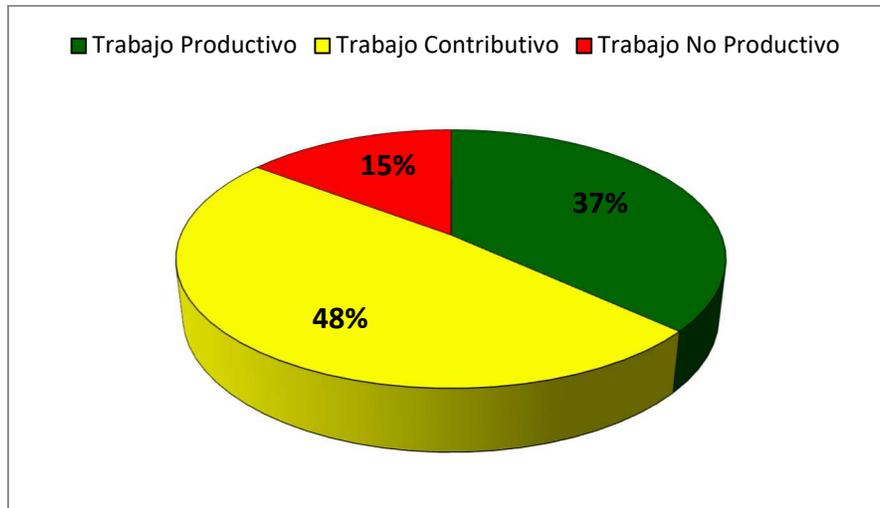
En el cuadro 6, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

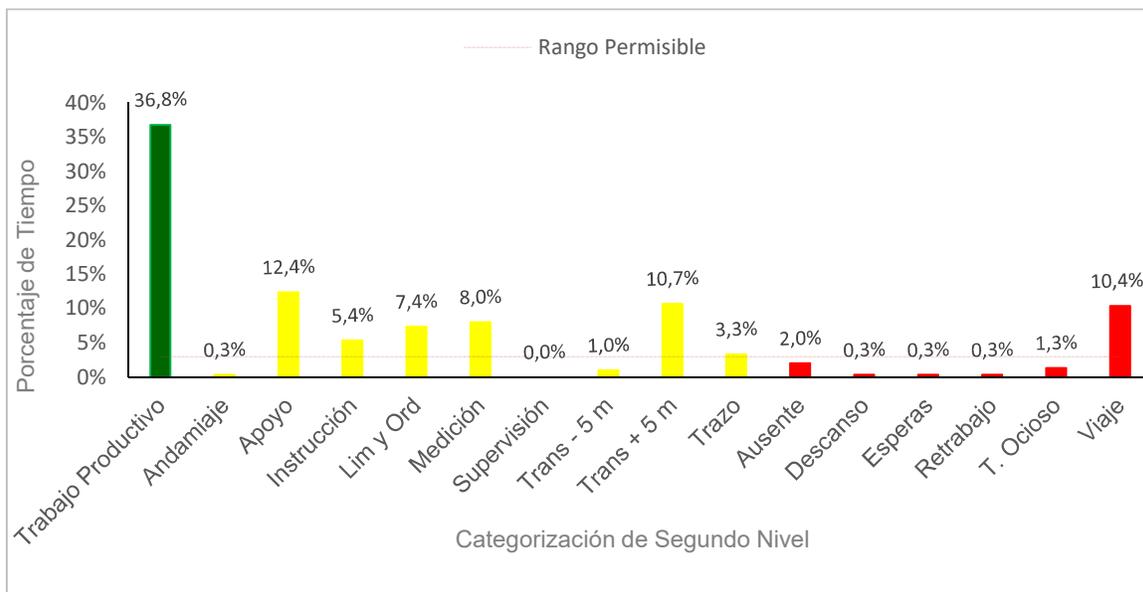
<b>CUADRO 6. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	20/07/17 al 24/07/17
Estado del Tiempo:	Variado

En la Figura 34, se puede observar de manera general el grafico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 35, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 34 a nivel de cuadrilla.



**Figura 34.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 35.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 36, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.

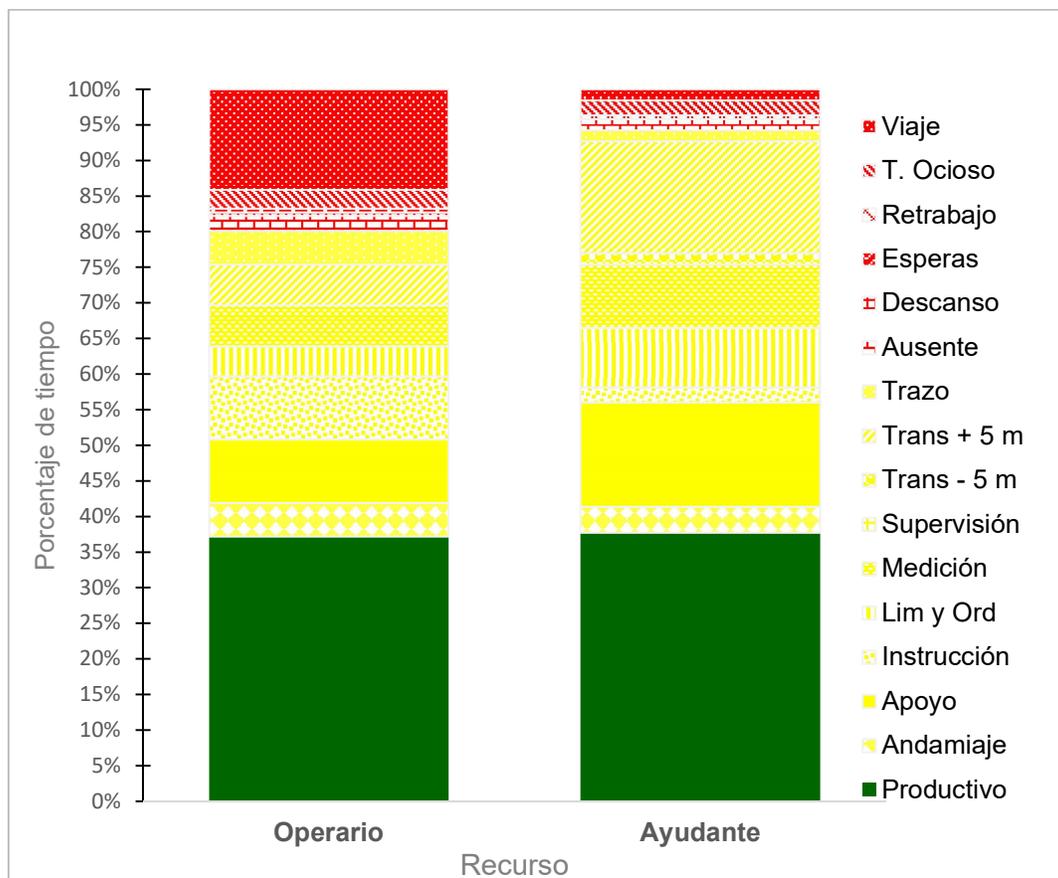


Figura 36. Desempeño individual de la cuadrilla

### Rendimiento: Pega de bloques en segundo nivel del muestreo 3

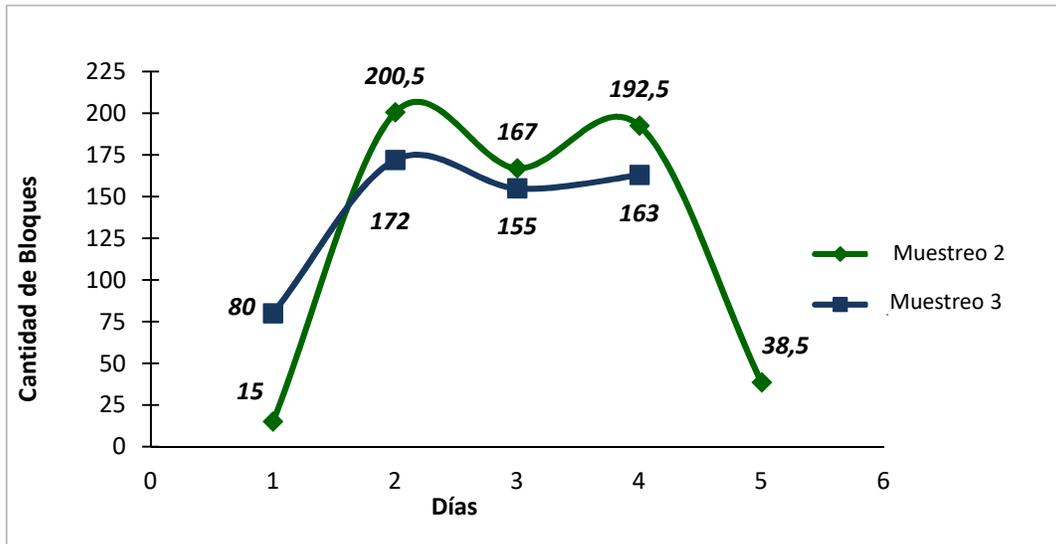
En el cuadro 7, se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de pega de bloques en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información general de los

involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a “Efectiva” no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con “Absoluto” sí contempla tiempos muertos.

CUADRO 7. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 3						
Cuadrilla		Medición	Duración (días)		Rendimiento Mano de Obra	
Operario	Ayudante	Cantidad	Efectiva	Absoluta	Efectivo	Absoluto
1	1	43,37 m <sup>2</sup>	2,82	3,80	1,54 m <sup>2</sup> /h	1,14 m <sup>2</sup> /h
					19 Bloq/h	14 Bloq/h

Se realizó un comparativo entre el muestreo 2 y 3, que son un análisis de pega de bloques en segundo nivel de apartamentos, esto debido a que son dos cuadrillas con la misma cantidad de integrantes, haciendo el mismo

trabajo, se trabajó distinto, utilizaron métodos distintos para llegar al mismo punto. Por lo tanto, en la Figura 37, se muestra un comparativo de cuántos bloques pegaban diariamente.



**Figura 37.** Comparativo colocación diaria de bloques entre muestreo 2 y 3

#### Muestreo 4: Pega de bloques de un apartamento, primer nivel

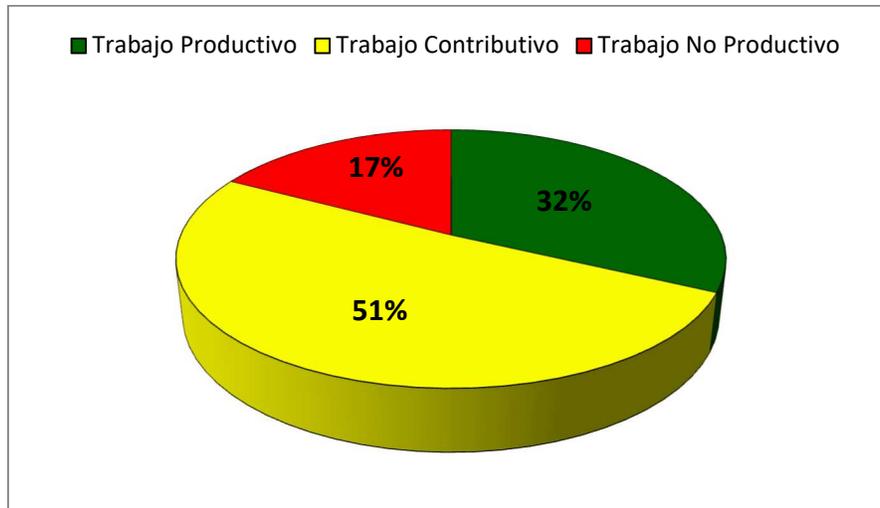
En el cuadro 8, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

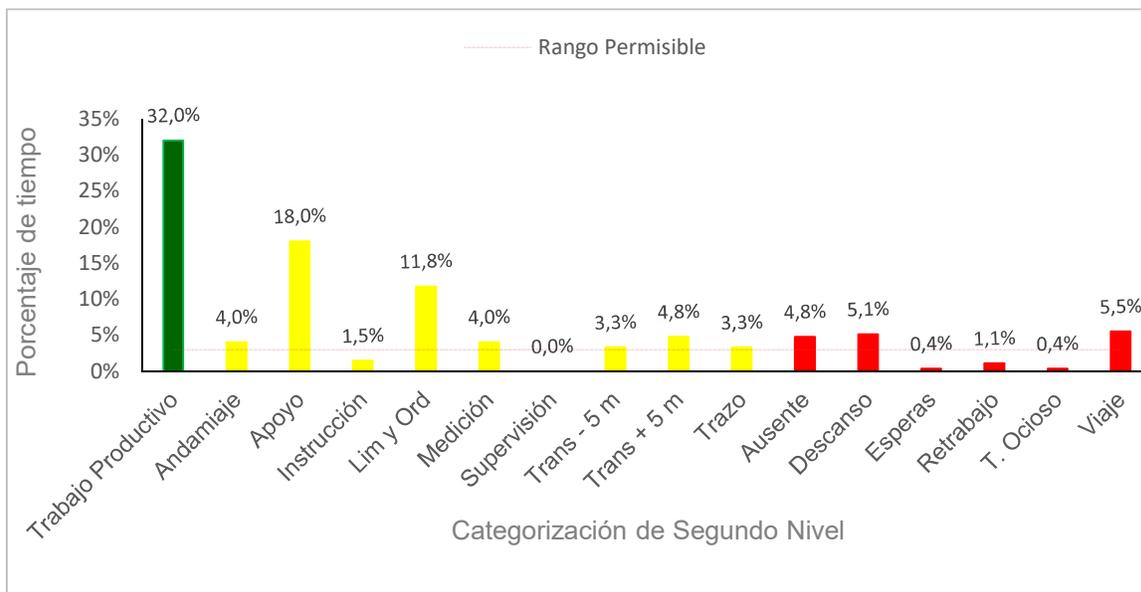
<b>CUADRO 8. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	31/07/17 al 03/08/17
Estado del Tiempo:	Variado

En la Figura 38, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 39, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 38 a nivel de cuadrilla.



**Figura 38.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 39.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 40, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.

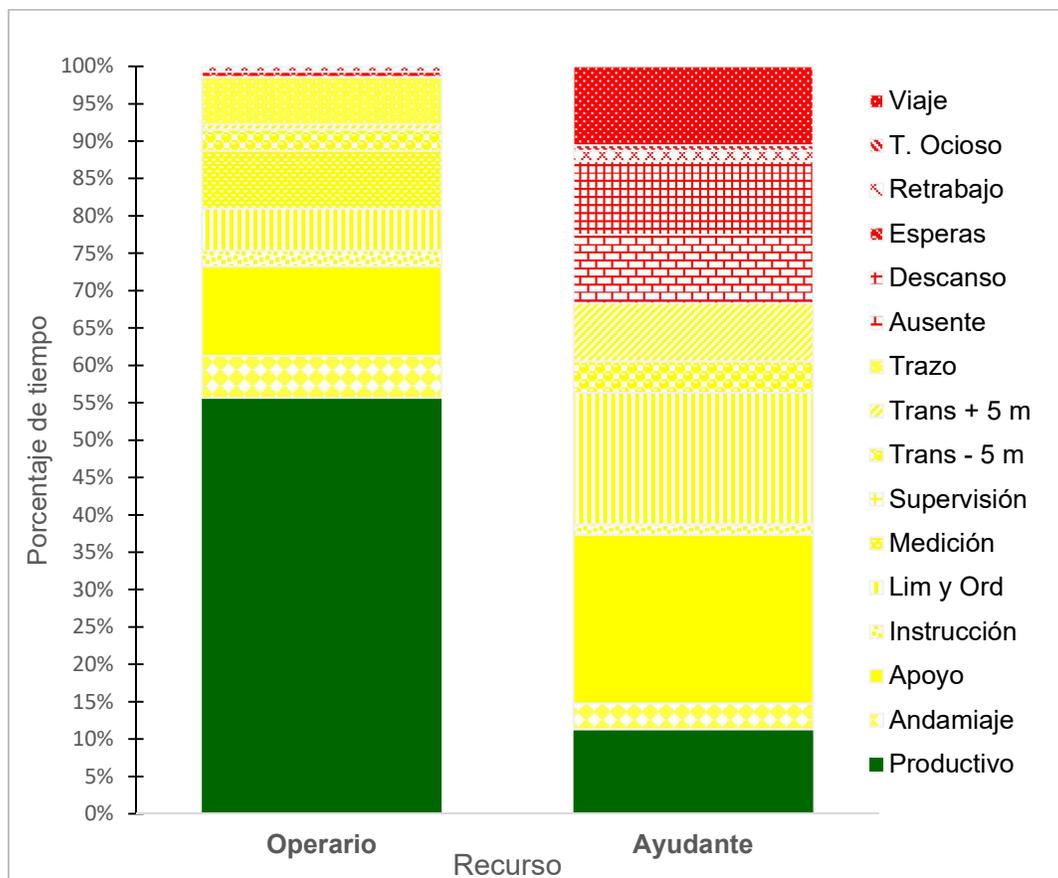


Figura 40. Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Pega de bloques en primer nivel del muestreo 4

En el cuadro 9, se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de pega de bloques en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información general de los

involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

CUADRO 9. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 4						
Cuadrilla		Medición	Duración (días)		Rendimiento Mano de Obra	
Operario	Ayudante	Cantidad	Efectiva	Absoluta	Efectivo	Absoluto
1	1	57,70 m <sup>2</sup>	2,89	3,80	2,00 m <sup>2</sup> /h	1,52 m <sup>2</sup> /h
					25 Bloq/h	19 Bloq/h

## Muestreo 5: Pega de bloques de una casa, segundo nivel

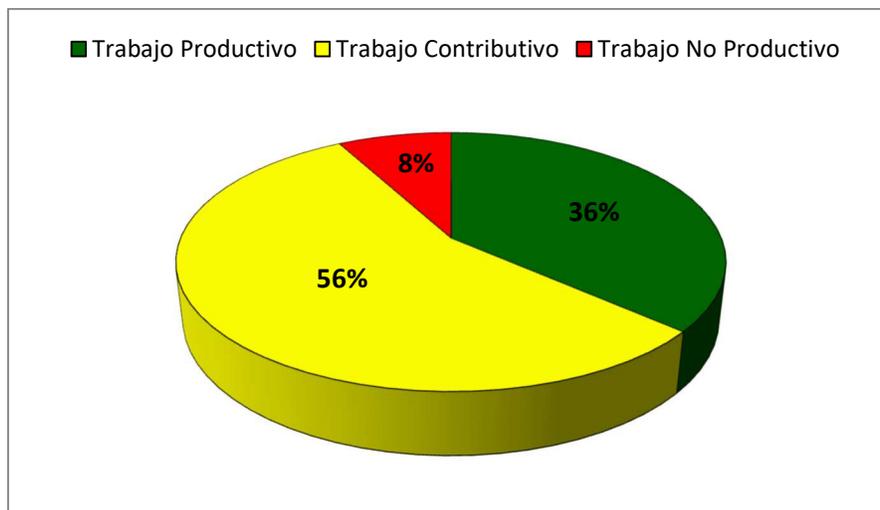
En el cuadro 10, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

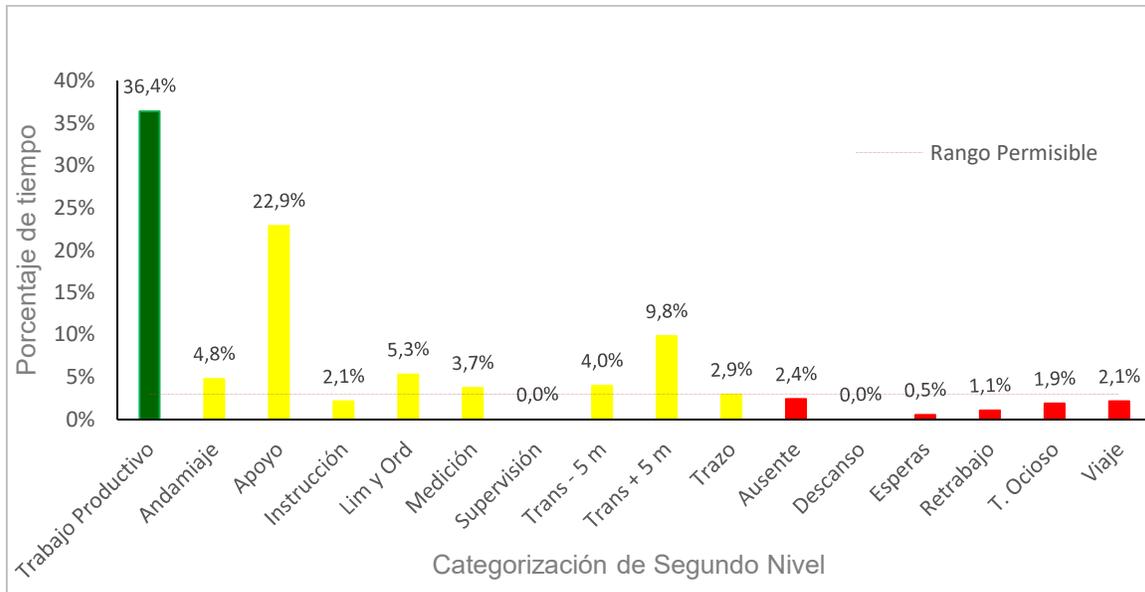
<b>CUADRO 10. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Cedro Real
Fechas:	14/08/17 al 18/08/17
Estado del Tiempo:	Variado

En la Figura 41, se puede observar de manera general el grafico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 42, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 41 a nivel de cuadrilla.



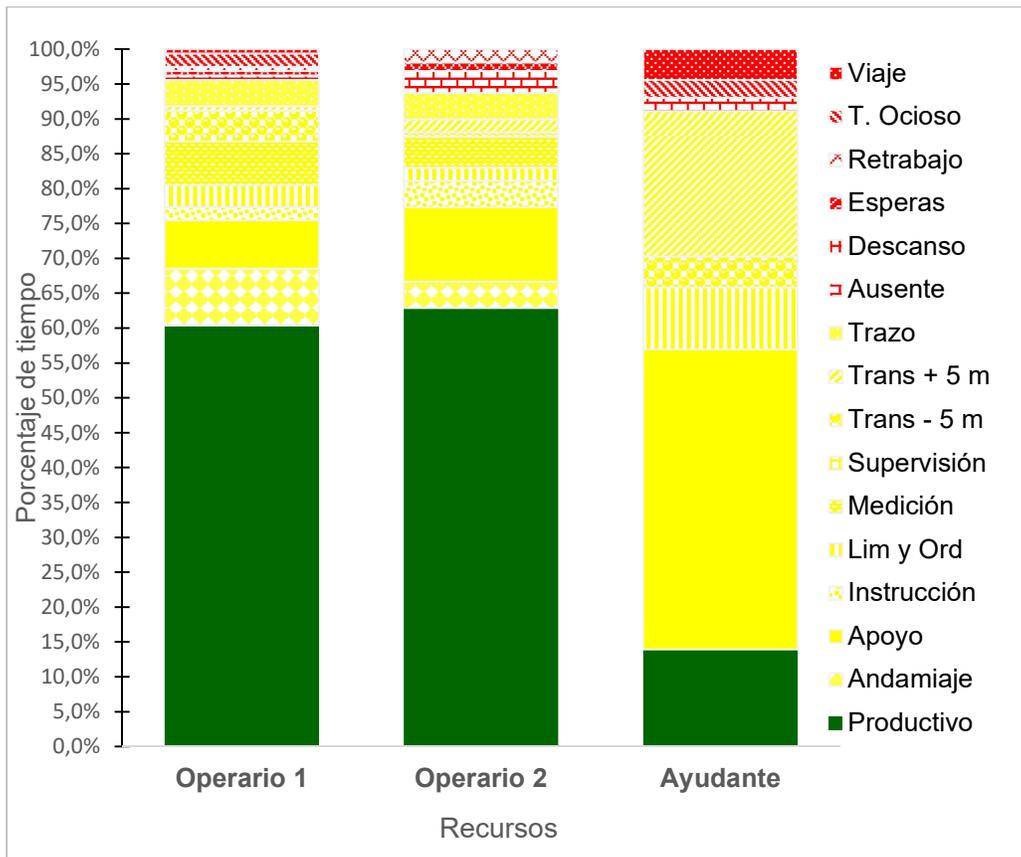
**Figura 41.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 42.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 43, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.



**Figura 43.** Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Pega de bloques en segundo nivel del muestreo 5

En el cuadro 11, se muestran los rendimientos obtenidos del proceso de pega de bloques en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información general de los

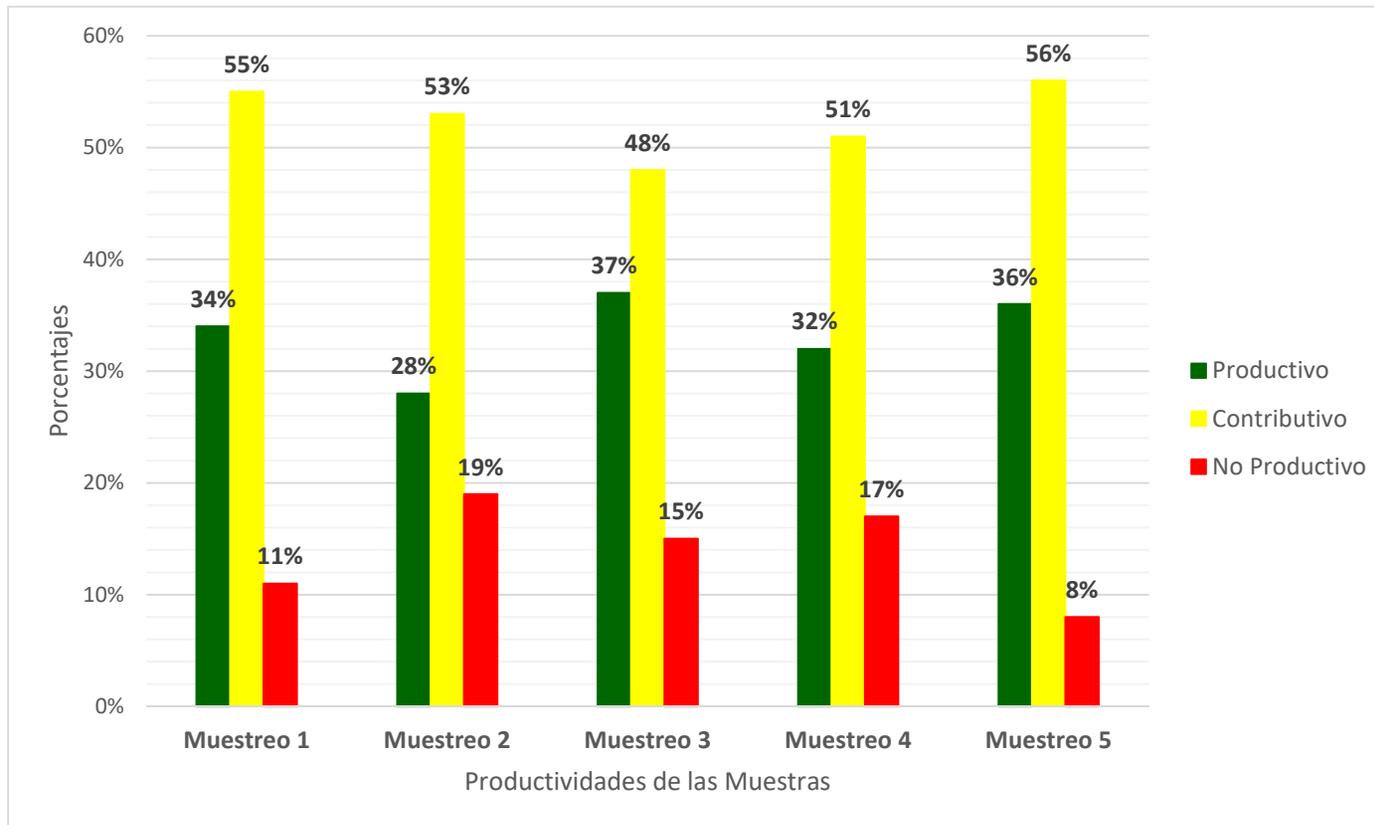
involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

<b>CUADRO 11. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 5</b>						
<b>Cuadrilla</b>		<b>Medición</b>	<b>Duración (días)</b>		<b>Rendimiento Mano de Obra</b>	
<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Efectiva</b>	<b>Absoluta</b>	<b>Efectivo</b>	<b>Absoluto</b>
2	1	118,09 m <sup>2</sup>	3,13	4,00	3,77 m <sup>2</sup> /h	2,95 m <sup>2</sup> /h
					47 Bloq/h	37 Bloq/h

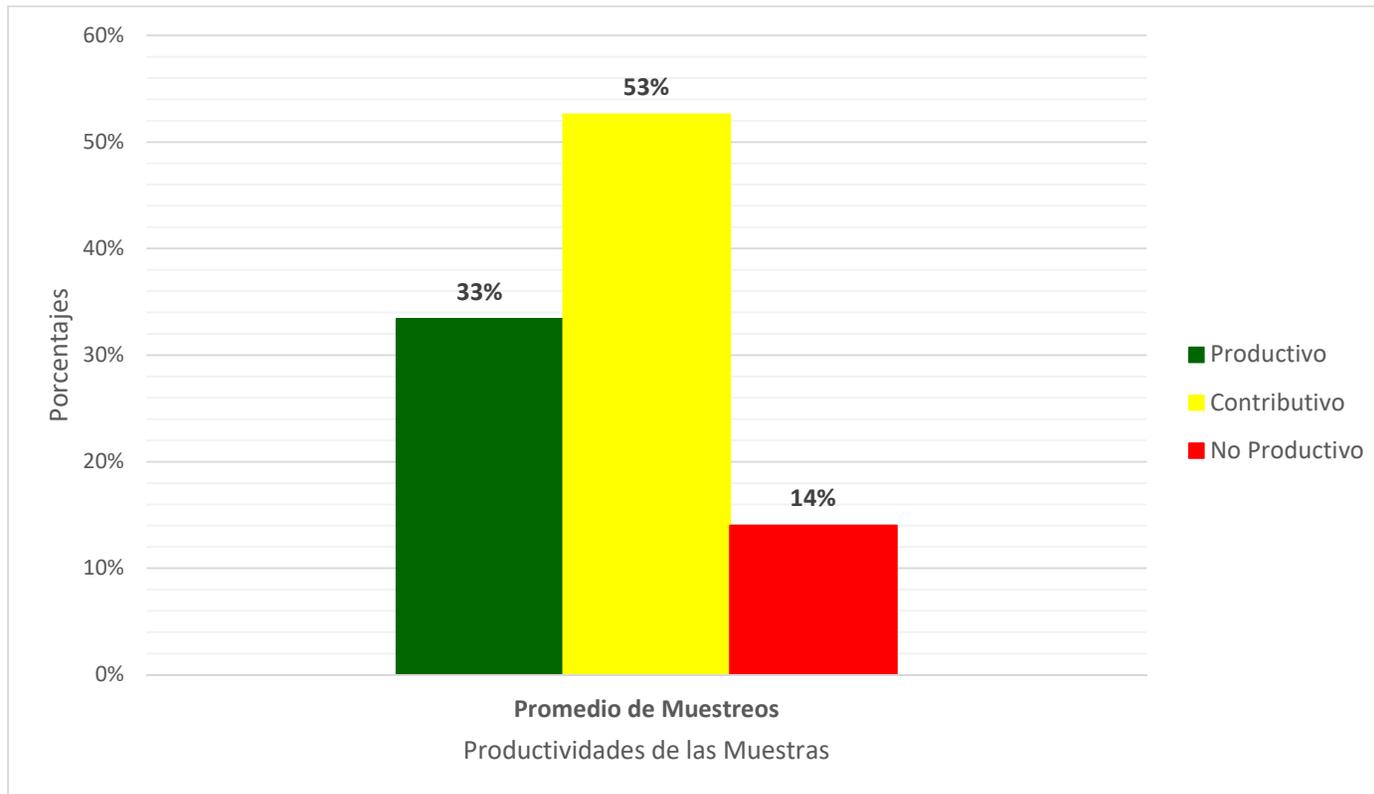
## Resumen de productividades

En la Figura 44, se presenta un resumen con los diferentes resultados obtenidos de productividad para los diferentes muestreos

y en la Figura 45, se presenta el promedio obtenido de los cinco muestreos.



**Figura 44.** Resumen de productividades de las muestras



**Figura 45.** Promedio obtenido de los muestreos

## Resumen de rendimientos

En el cuadro 12, se presenta un resumen de los rendimientos medidos en los cinco muestreos realizados para obtener un rendimiento promedio.

<b>CUADRO 12. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN PROCESO DE PEGA DE BLOQUES</b>									
<b>Muestreo</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Tipo de Cuadrilla</b>		<b>Descripción</b>		<b>Rendimientos</b>			
						<b>Efectivos</b>		<b>Absolutos</b>	
<b>1</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Segunda Planta	Casa	2,63 m <sup>2</sup> /h	33 Bloq/h	1,72 m <sup>2</sup> /h	22 Bloq/h
<b>2</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Segunda Planta	Apartamento	1,99 m <sup>2</sup> /h	25 Bloq/h	1,42 m <sup>2</sup> /h	18 Bloq/h
<b>3</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Segunda Planta	Apartamento	1,54 m <sup>2</sup> /h	19 Bloq/h	1,14 m <sup>2</sup> /h	14 Bloq/h
<b>4</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Primera Planta	Apartamento	2,00 m <sup>2</sup> /h	25 Bloq/h	1,52 m <sup>2</sup> /h	19 Bloq/h
<b>5</b>	Cedro Real	Operario 1	1 Ayudante	Segunda Planta	Casa	2,21 m <sup>2</sup> /h	28 Bloq/h	1,73 m <sup>2</sup> /h	22 Bloq/h
		Operario 2				1,56 m <sup>2</sup> /h	20 Bloq/h	1,22 m <sup>2</sup> /h	15 Bloq/h
<b>Promedio:</b>						<b>1,99 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>25 Bloq/h</b>	<b>1,46 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>18 Bloq/h</b>

## Mapa de flujo de valor

En la Figura 46, se presenta de manera gráfica el proceso de la pega de bloques con sus subprocesos, esto conocido como mapas de flujo de valor, en su estado actual. Y, posteriormente, mediante un

análisis detallado al proceso actual, se presentó en la Figura 47 la propuesta de un mapa de flujo de valor en el estado futuro.

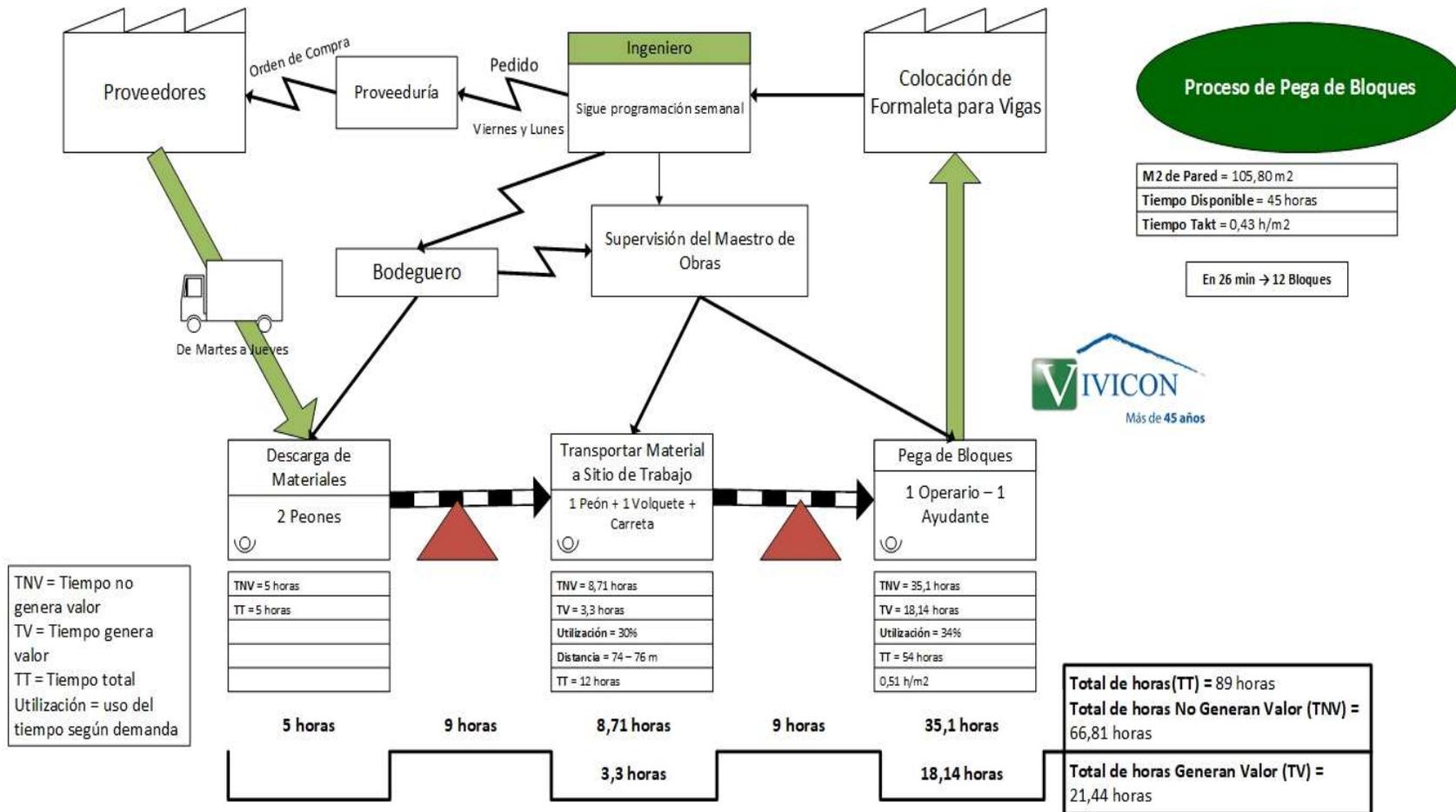


Figura 46. Mapa de flujo de valor en estado actual del proceso de pega de bloques

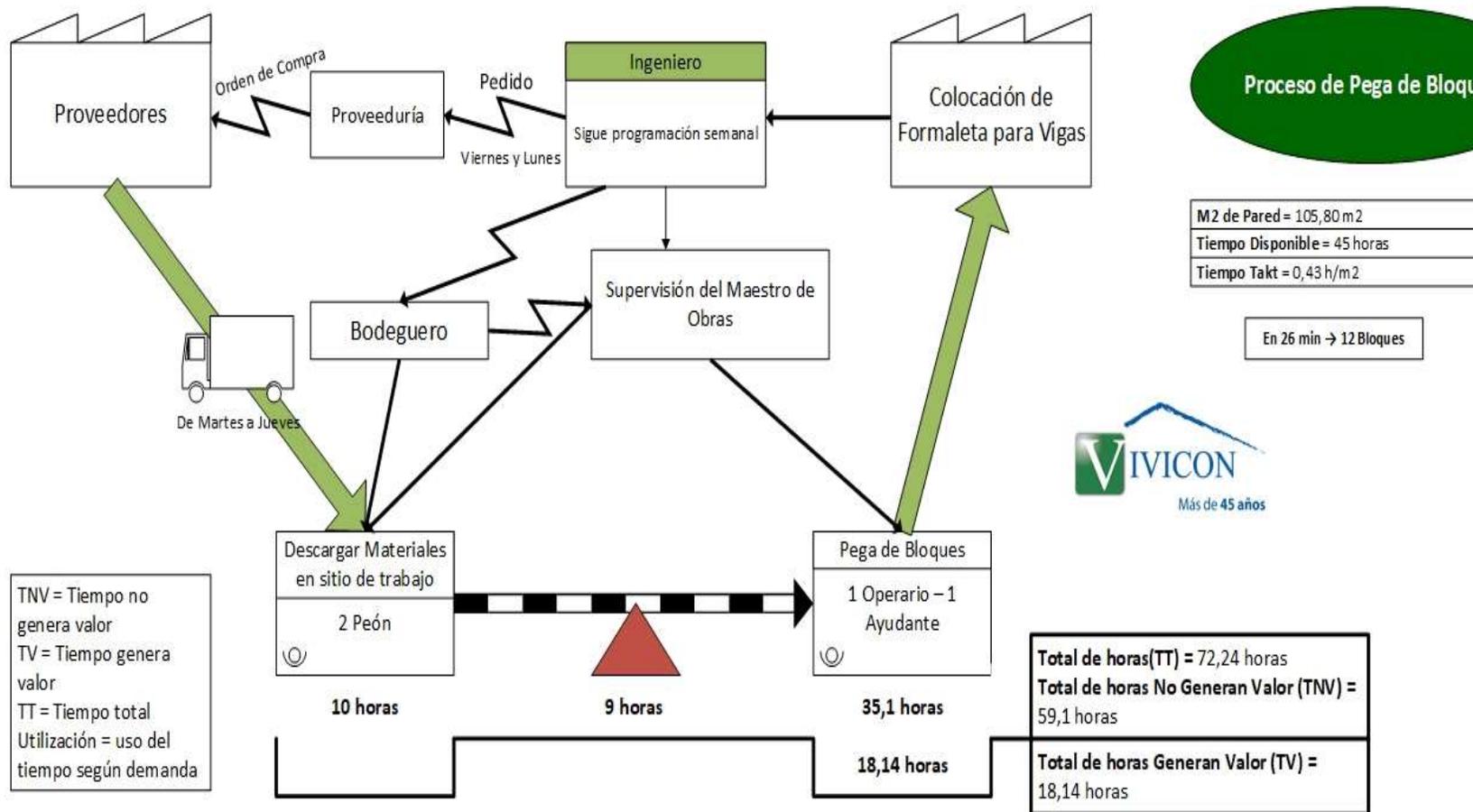


Figura 47. Mapa de flujo de valor estado futuro del proceso de pega de bloques

En el cuadro 13, se presentan los diferentes hallazgos al momento de la toma de datos, que deben ser analizados, pues estos generan bajas productividades en el proceso y bajos rendimientos, además, se proponen

mejoras o soluciones para los diferentes hallazgos.

<b>CUADRO 13. HALLAZGOS Y PROPUESTAS EN EL PROCESO DE PEGA DE BLOQUES</b>	
Hallazgos	Propuestas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación lejana de las tarimas de bloques.</li> <li>• Traslado de material por medio de carretas.</li> <li>• Distribución inadecuada de materiales en sitio de trabajo.</li> <li>• Terreno complicado para acceder.</li> <li>• Ubicación de las previstas electromecánicas.</li> <li>• Complicado e inseguro acceso al segundo nivel de un apartamento.</li> <li>• Atrasos entre cuadrillas.</li> <li>• Operarios no se guían con planos.</li> <li>• Bloqueros deben cortar, doblar y colocar acero horizontal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargar tarimas de bloques cercanas al área de trabajo.</li> <li>• Compra de maquinaria especializada.</li> <li>• Ubicación de tarimas para los bloques en las cuatro esquinas.</li> <li>• Arreglar un sector para facilitar el acceso.</li> <li>• Rediseño de las previstas electromecánicas.</li> <li>• Realizar escaleras provisionales-móviles.</li> <li>• Una sola cuadrilla realizará el trabajo.</li> <li>• Crear planos con mayor detalle.</li> <li>• Armadores se dedicarán a dejar listo el acero horizontal.</li> </ul>

## Armado y colocación de vigas de entrepiso

En la Figura 48, se muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso, con sus respectivas tareas para lograr cumplir con el objetivo y en la Figura 49 se muestra un diagrama de Ishikawa,

basados en las observaciones hechas en campo y en preguntas hechas a los obreros, se analizan los diferentes factores que afectan la productividad en el proceso de pega de bloques.

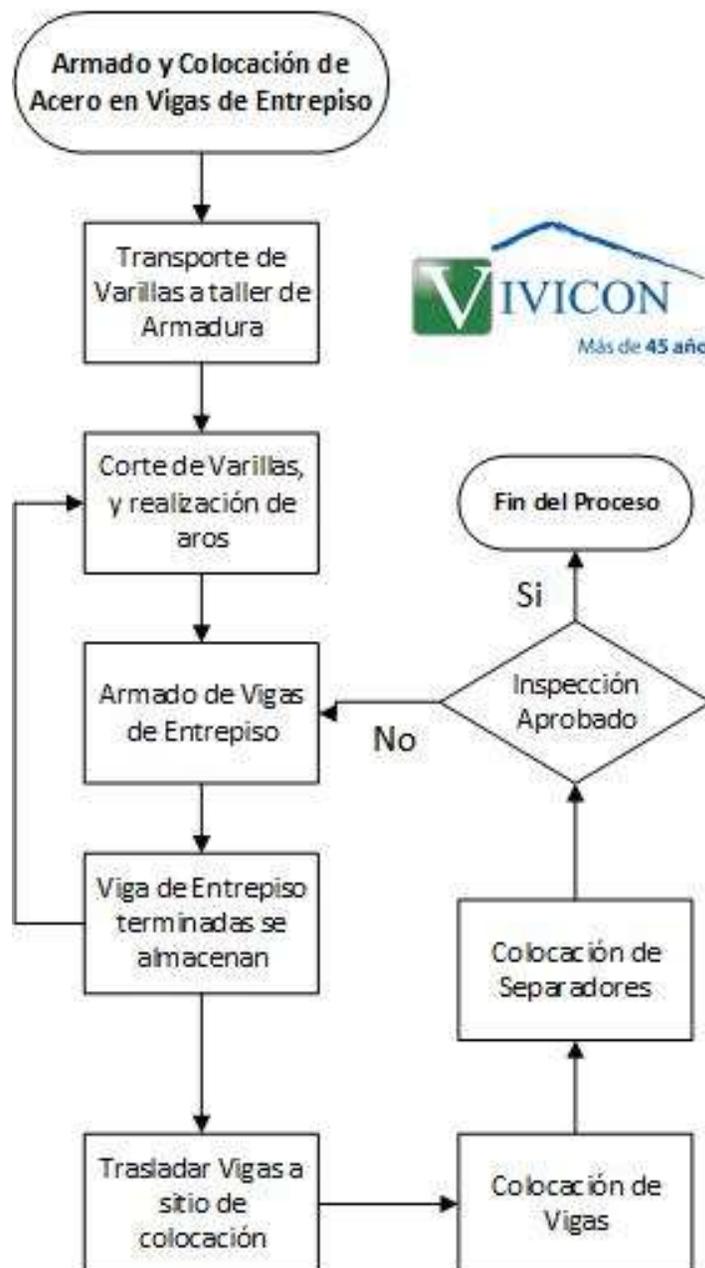


Figura 48. Diagrama de flujo para el proceso de armado y colocación de acero



Figura 49. Diagrama de Ishikawa para proceso de armado y colocación de acero

A continuación, se presenta un cuadro con los recursos necesarios para realizar el proceso.

<b>CUADRO 14. RECURSOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO</b>		
Equipos o Herramientas	Material	Mano de obra
Volquete Carreta Cinta métrica Pinza alicate Esmeriladora Grifa Cizalla Andamios o Escaleras	Varilla Alambre negro Separadores Discos de carbón Crayones	1 Operario 1-2 Ayudantes

### Muestreo 1: Armado y colocación de vigas de entrepiso en un apartamento

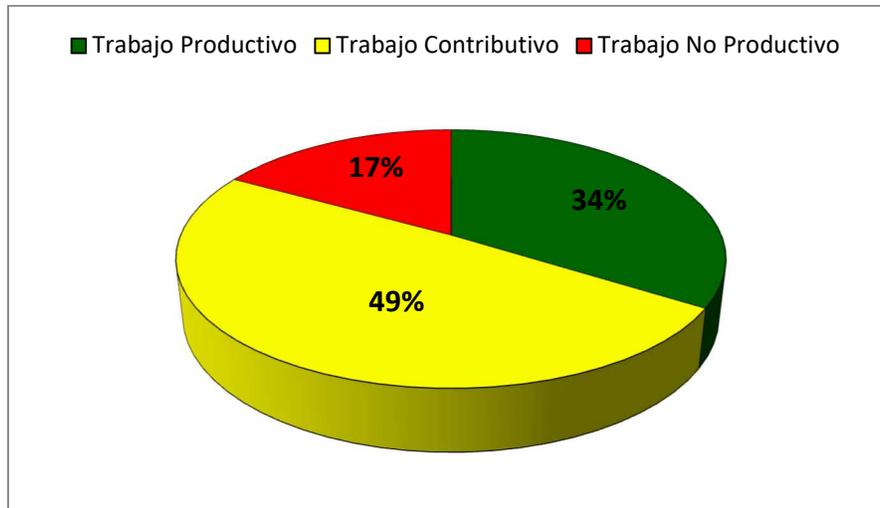
En el cuadro 15, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

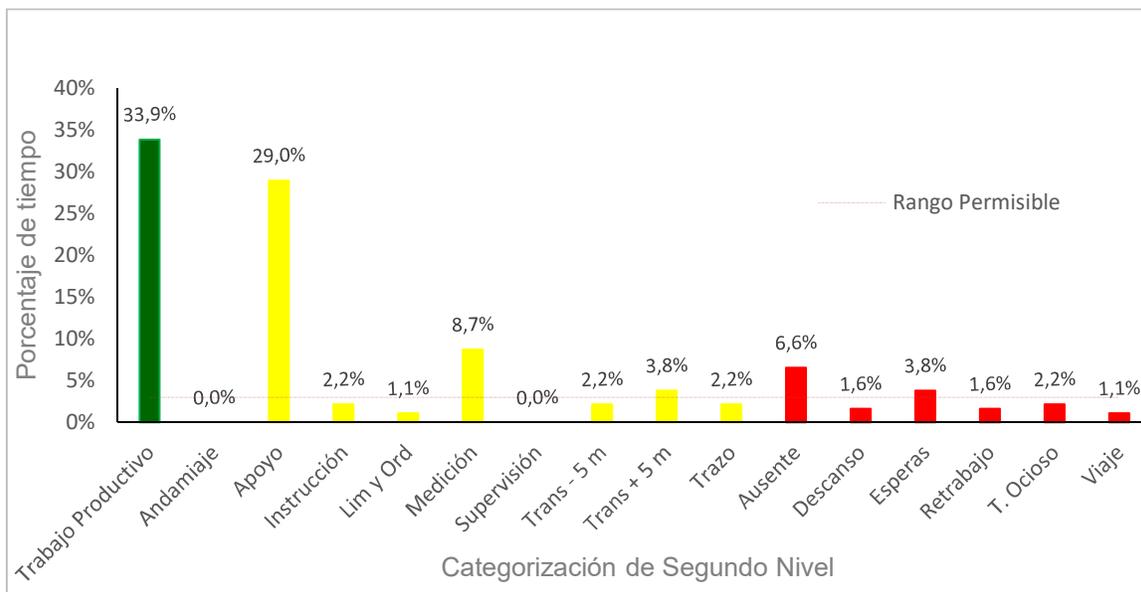
<b>CUADRO 15. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	31/08/17 al 01/09/17
Estado del Tiempo:	Soleado

En la Figura 50, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 51 se, tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 50 a nivel de cuadrilla.



**Figura 50.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 51.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 52, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.

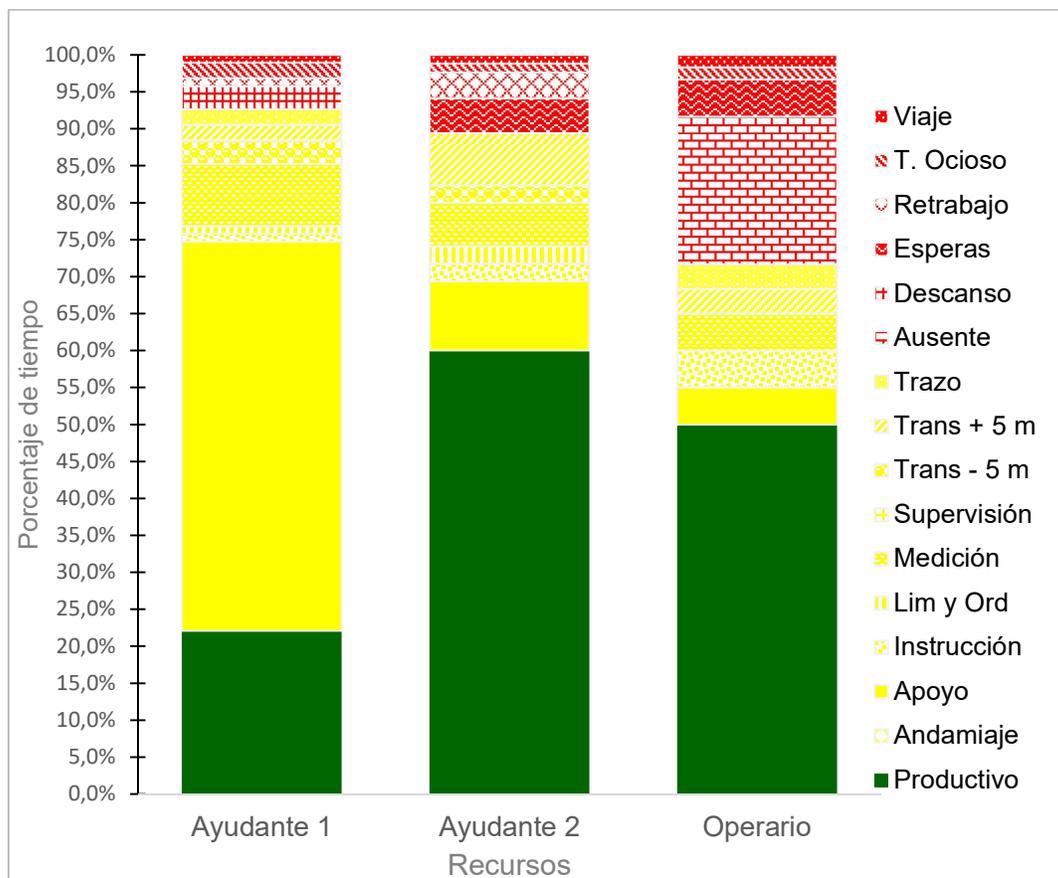


Figura 52. Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Armado y colocación de vigas de entrepiso del muestreo 1

En el cuadro 16, se muestran los rendimientos obtenidos del armado y colocación de vigas de entrepiso en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información

general de los involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

CUADRO 16. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 1						
Cuadrilla		Medición	Duración (h)	Tipos de Viga	Rendimiento Mano de Obra	
Operario	Ayudante	Cantidad	Absoluta	Cantidad	Individual	Cuadrilla
1	2	521,43 kg	17,00	7	10,22 kg/h	30,67 kg/h

## Muestreo 2: Armado y colocación de vigas de entrepiso en un apartamento

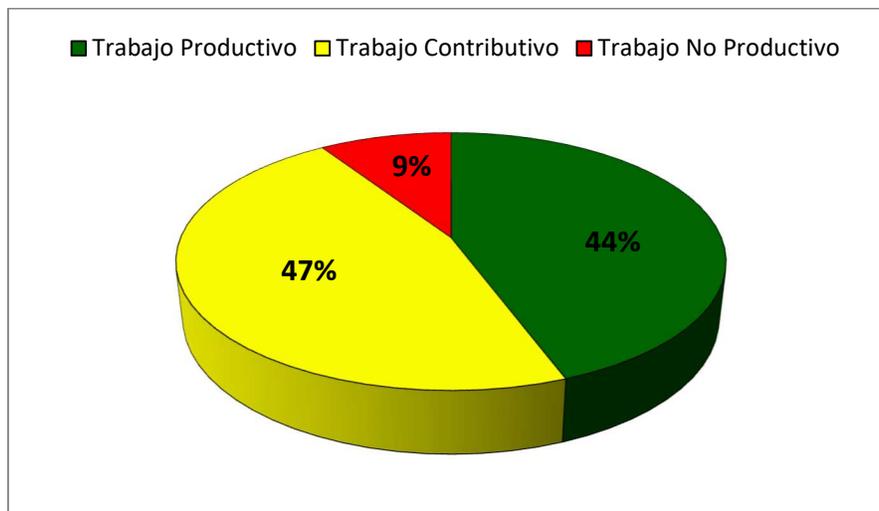
En el cuadro 17, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

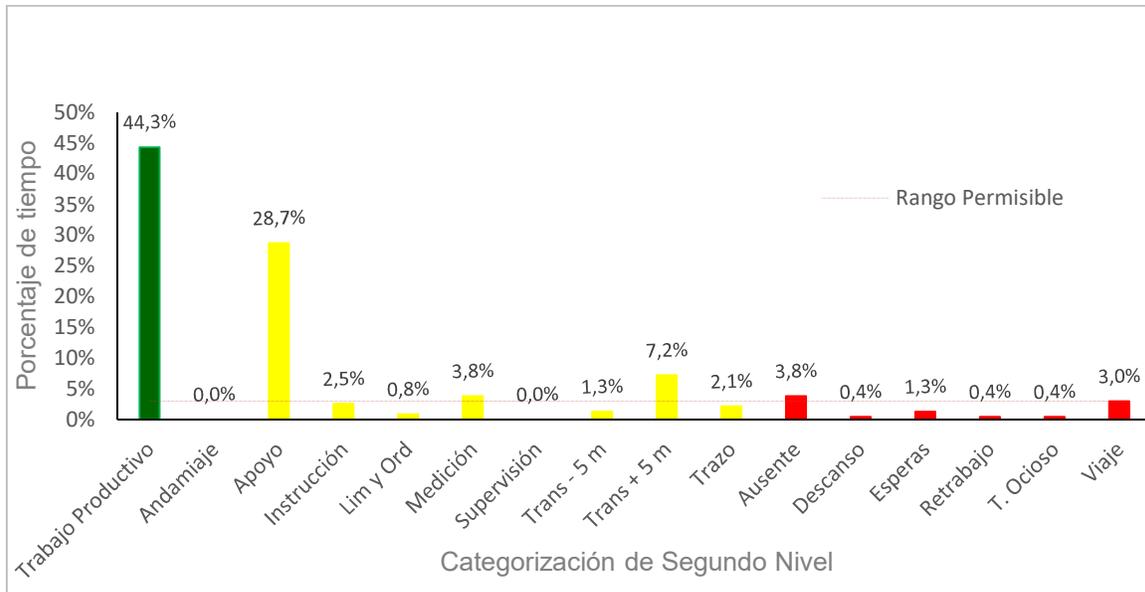
<b>CUADRO 17. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	01/09/17 después 02/10/17 a 03/10/17
Estado del Tiempo:	Nublado

En la Figura 53, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 54, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 53 a nivel de cuadrilla.



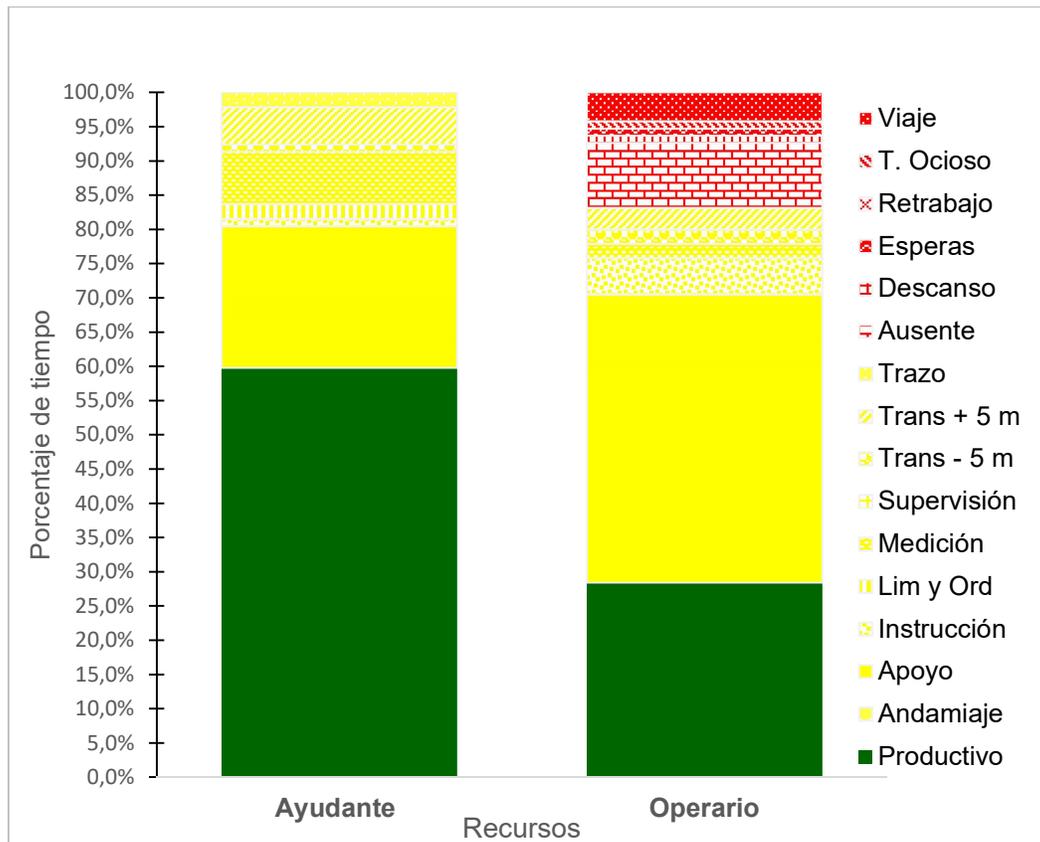
**Figura 53.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 54.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 55, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.



**Figura 55.** Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Armado y colocación de vigas de entrepiso del muestreo 2

En el cuadro 18, se muestran los rendimientos obtenidos del armado y colocación de vigas de entrepiso en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información

general de los involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

<b>CUADRO 18. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 2</b>						
<b>Cuadrilla</b>		<b>Medición</b>	<b>Duración (h)</b>	<b>Tipos de Viga</b>	<b>Rendimiento Mano de Obra</b>	
<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Absoluta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Individual</b>	<b>Cuadrilla</b>
1	1	457,06 kg	19,00	5	12,03 kg/h	24,06 kg/h

## Muestreo 3: Armado y colocación de vigas de entrepiso en una casa

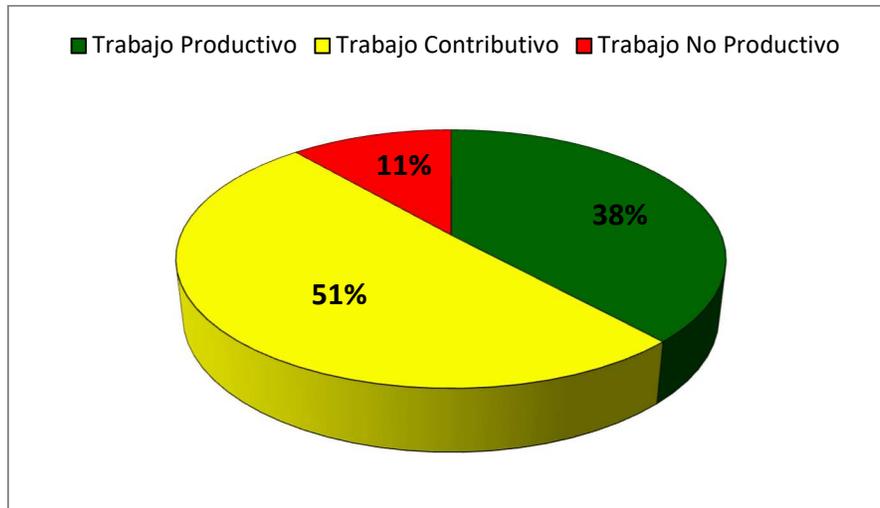
En el cuadro 19, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

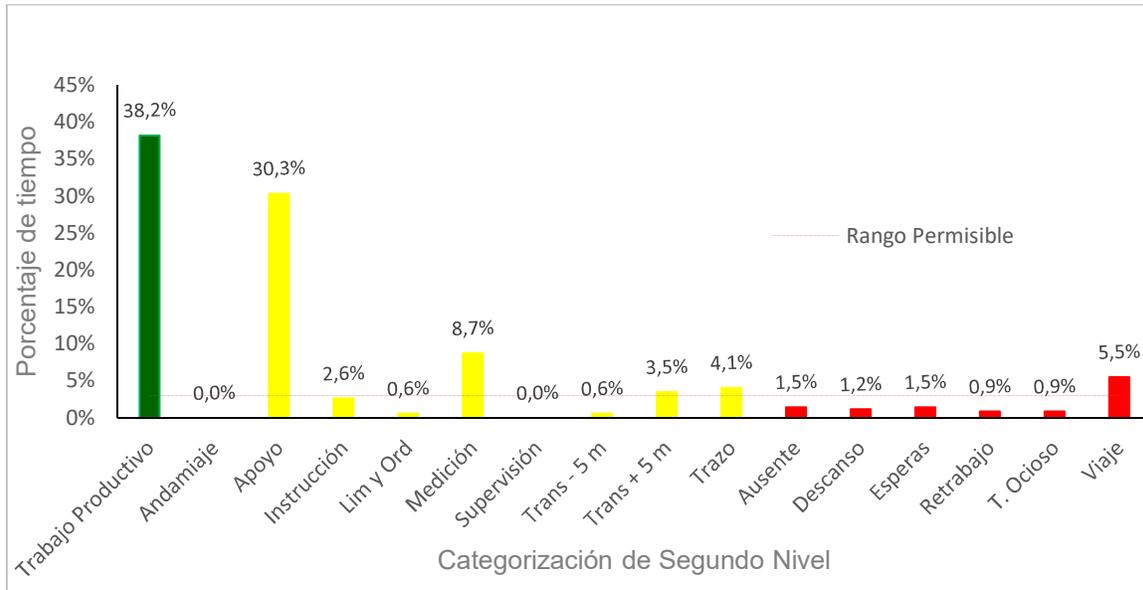
<b>CUADRO 19. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Avenir
Fechas:	04/09/17 a 06/09/17
Estado del Tiempo:	Nublado

En la Figura 56, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 57, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 56 a nivel de cuadrilla.



**Figura 56.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 57.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 58, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.

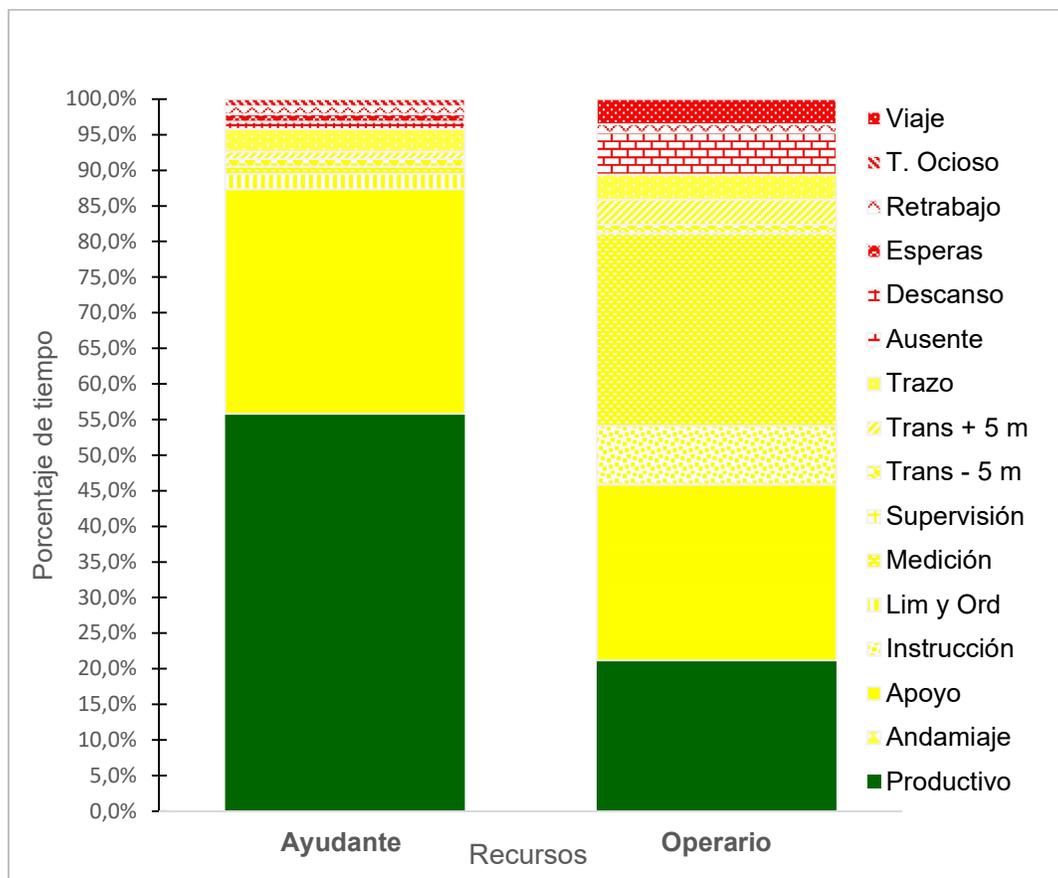


Figura 58. Desempeño Individual de la cuadrilla

### Rendimiento: Armado y colocación de vigas de entrepiso del muestreo 3

En el cuadro 20, se muestran los rendimientos obtenidos del armado y colocación de vigas de entrepiso en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información

general de los involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

CUADRO 20. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 3						
Cuadrilla		Medición	Duración (h)	Tipos de Viga	Rendimiento Mano de Obra	
Operario	Ayudante	Cantidad	Absoluta	Cantidad	Individual	Cuadrilla
1	1	754,99 kg	30,00	13	12,58 kg/h	25,17 kg/h

## Muestreo 4: Armado y colocación de vigas de entrepiso en una casa

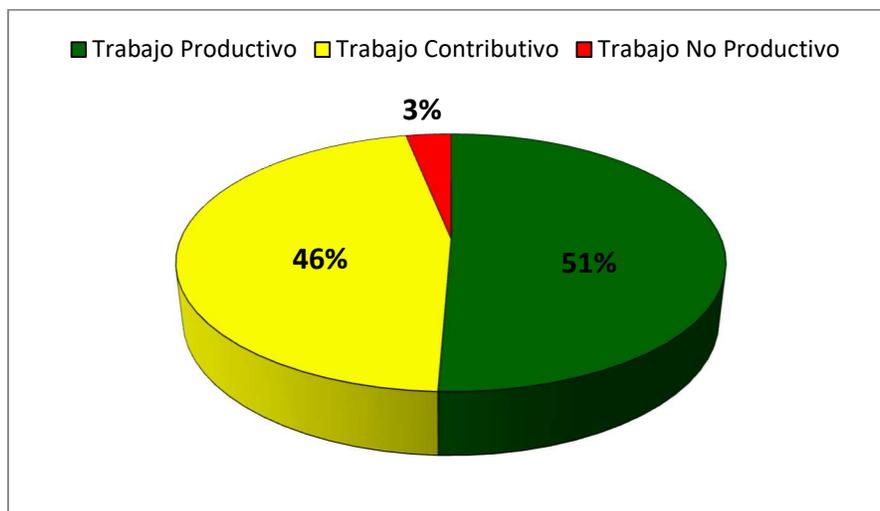
En el cuadro 21, se presentan datos generales que se deben considerar al momento de hacer el muestreo, como lo son las fechas de

realización del proceso, estado del tiempo y ubicación o proyecto donde se realizó el muestreo.

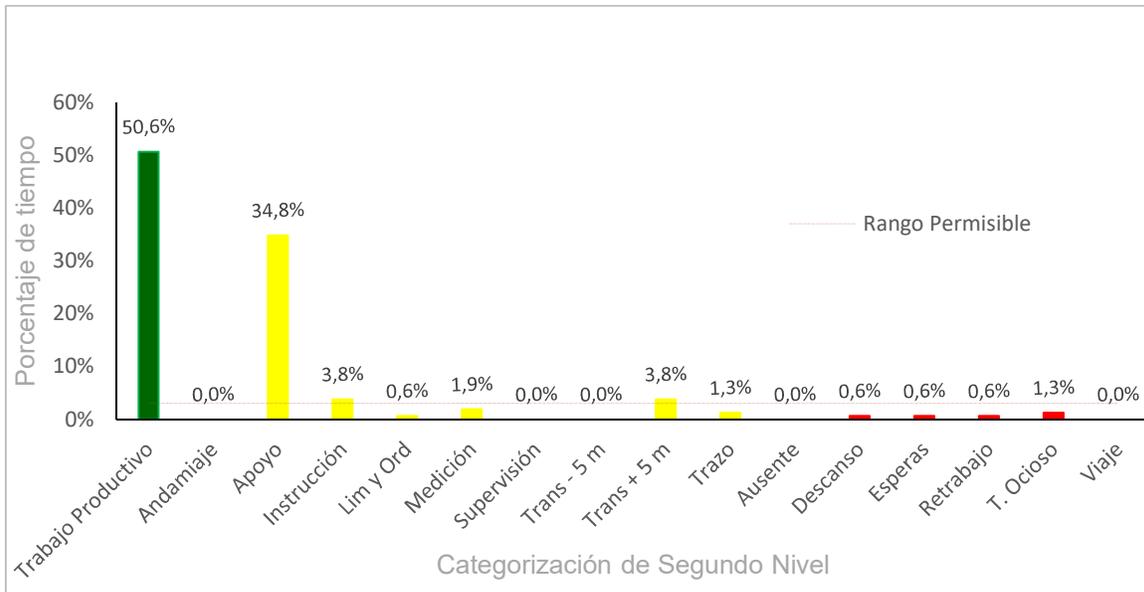
<b>CUADRO 21. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	
Ubicación:	Proyecto Cedro Real
Fechas:	28/09/17 a 29/09/17
Estado del Tiempo:	Nublado

En la Figura 59, se puede observar de manera general el gráfico que muestra el desempeño obtenido por la cuadrilla, según los trabajos productivos, contributivos y no productivos, utilizando la técnica de Five Minute Rating.

Posteriormente, en la Figura 60, se tiene una gráfica de barras donde se detalla un poco más a qué se deben los porcentajes obtenidos en la Figura 59 a nivel de cuadrilla.



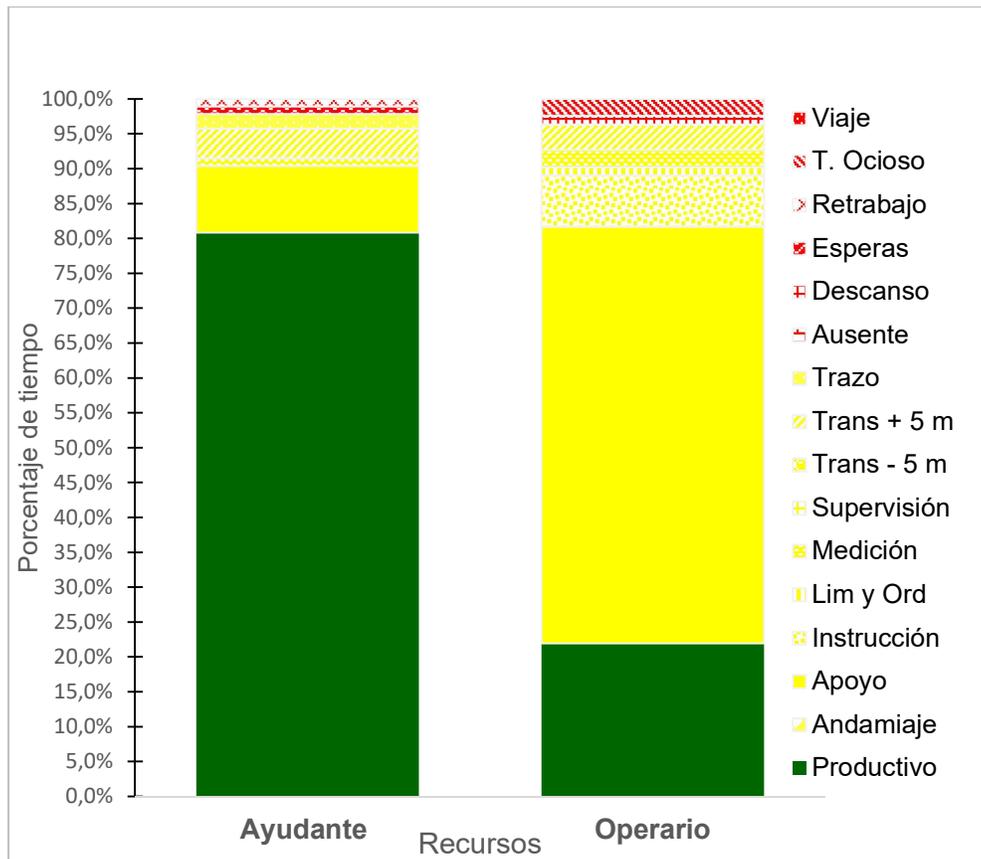
**Figura 59.** Categorización de primer nivel de la cuadrilla



**Figura 60.** Categorización de segundo nivel de la cuadrilla

En la Figura 61, se presenta un gráfico de Crew Balance, se observa el desempeño

individual de los integrantes de la cuadrilla, el porcentaje del tiempo se invirtió en cada labor.



**Figura 61.** Desempeño individual de la cuadrilla

## Rendimiento: Armado y colocación de vigas de entrepiso del muestreo 4

En el cuadro 22, se muestran los rendimientos obtenidos del armado y colocación de vigas de entrepiso en unidades de trabajo por unidades en horas hombre y, además, por solicitud de gerencia, el rendimiento de cantidad de bloques por hora, así como información

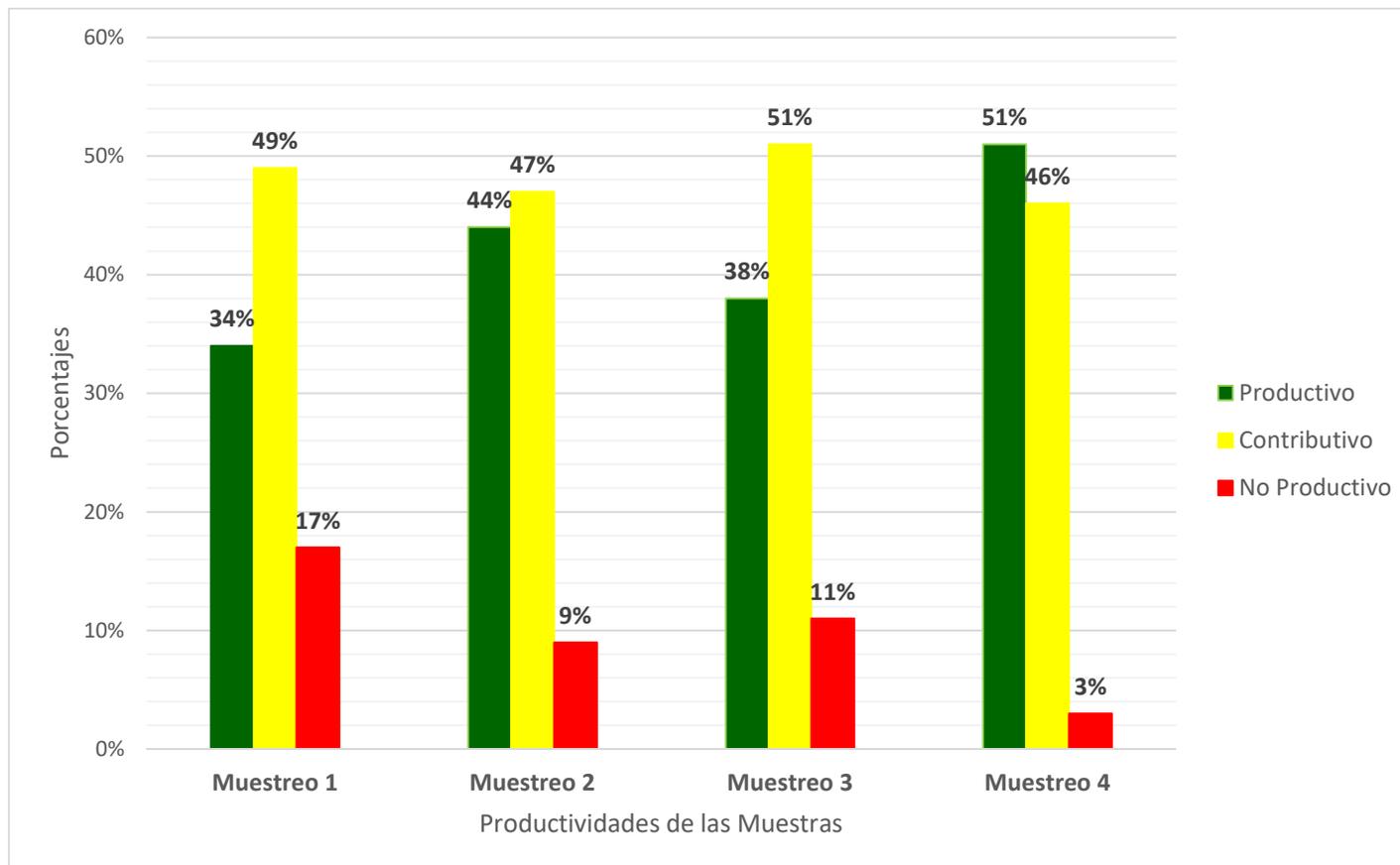
general de los involucrados en la cuadrilla, duración y la medición. Cuando se refiere a "Efectiva", no contempla tiempos de descanso, en caso contrario, con "Absoluto" sí contempla tiempos muertos.

<b>CUADRO 22. RENDIMIENTO GENERAL DEL MUESTREO 4</b>						
<b>Cuadrilla</b>		<b>Medición</b>	<b>Duración (h)</b>	<b>Tipos de Viga</b>	<b>Rendimiento Mano de Obra</b>	
<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Absoluta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Individual</b>	<b>Cuadrilla</b>
1	1	556,84 kg	16,00	8	17,40 kg/h	34,80 kg/h

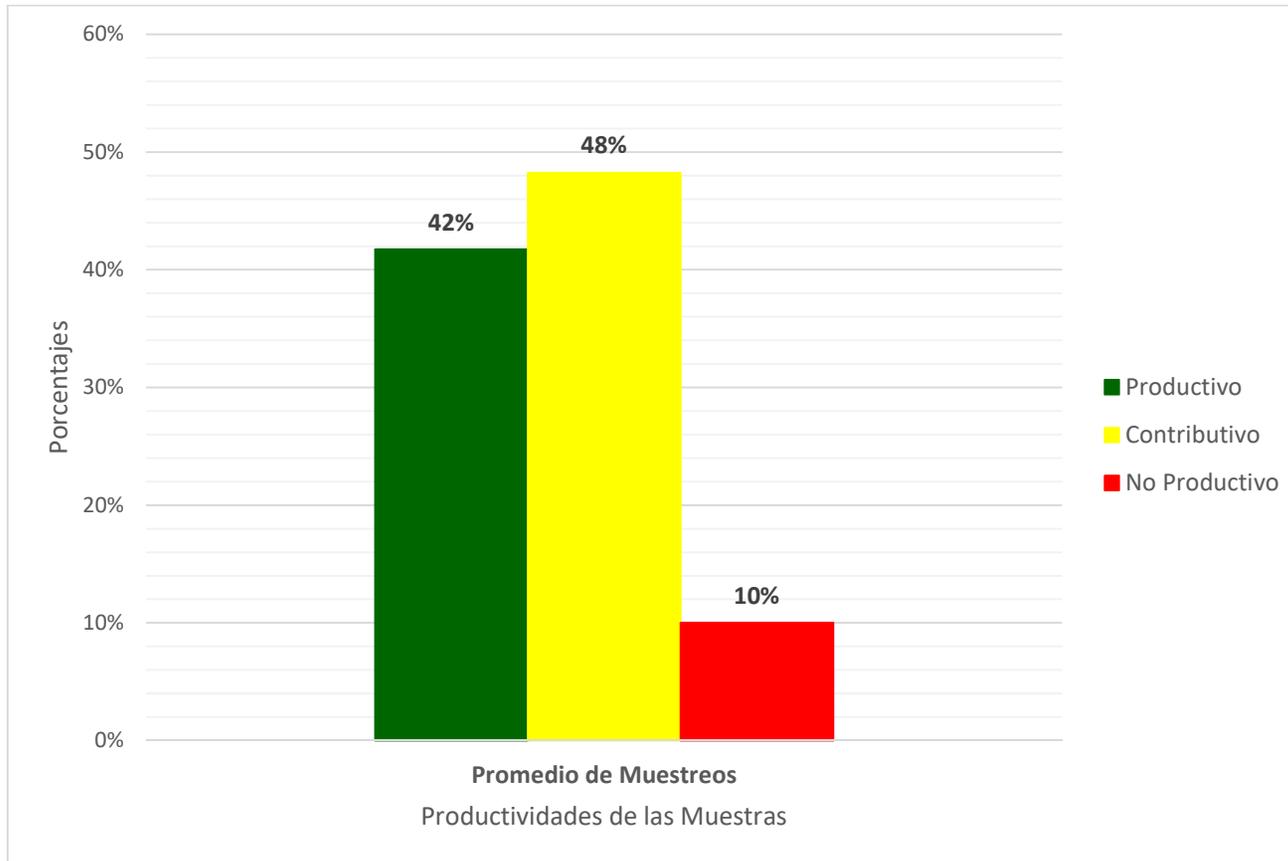
## Resumen de productividades

En la Figura 62, se presenta un resumen con los diferentes resultados obtenidos de productividad para los diferentes muestreos

y en la Figura 63, se presenta el promedio obtenido de los cinco muestreos.



**Figura 62.** Resumen de productividades obtenidas en los muestreos



**Figura 63.** Promedio obtenido de las muestras

## Resumen de rendimientos

En el cuadro 23, se presenta un resumen de los rendimientos medidos en los cuatro muestreos realizados sobre el armado y

colocación del acero en las vigas de entrepiso, para obtener un rendimiento promedio.

<b>CUADRO 23. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN PROCESO DE ARMADO Y COLOCACION DE VIGAS DE ENTREPISO</b>									
<b>Muestreo</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Tipo de Cuadrilla</b>		<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Duración (h)</b>	<b>Tipo de Vigas</b>	<b>Rendimientos</b>	
								<b>Individual</b>	<b>Cuadrilla</b>
<b>1</b>	Avenir	1 Operario	2 Ayudantes	Apartamento	521,43 kg	17,00 h	7	10,22 kg/h	30,67 kg/h
<b>2</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Apartamento	457,06 kg	19,00 h	5	12,03 kg/h	24,06 kg/h
<b>3</b>	Avenir	1 Operario	1 Ayudante	Casa	754,99 kg	30,00 h	13	12,58 kg/h	25,17 kg/h
<b>4</b>	Cedro Real	1 Operario	1 Ayudante	Casa	556,84 kg	16,00 h	8	17,40 kg/h	34,80 kg/h
<b>Promedio:</b>								<b>13,06 kg/h</b>	<b>28,68 kg/h</b>

## Mapa de flujo de valor

En la Figura 64, se presenta de manera gráfica el proceso de armado y colocación de acero a las vigas de entrepiso, con sus subprocesos, esto conocido como mapas de flujo de valor, en su estado actual. Y, posteriormente, mediante un análisis detallado al proceso actual, se

presentó en la Figura 65, la propuesta de un mapa de flujo de valor en el estado futuro.

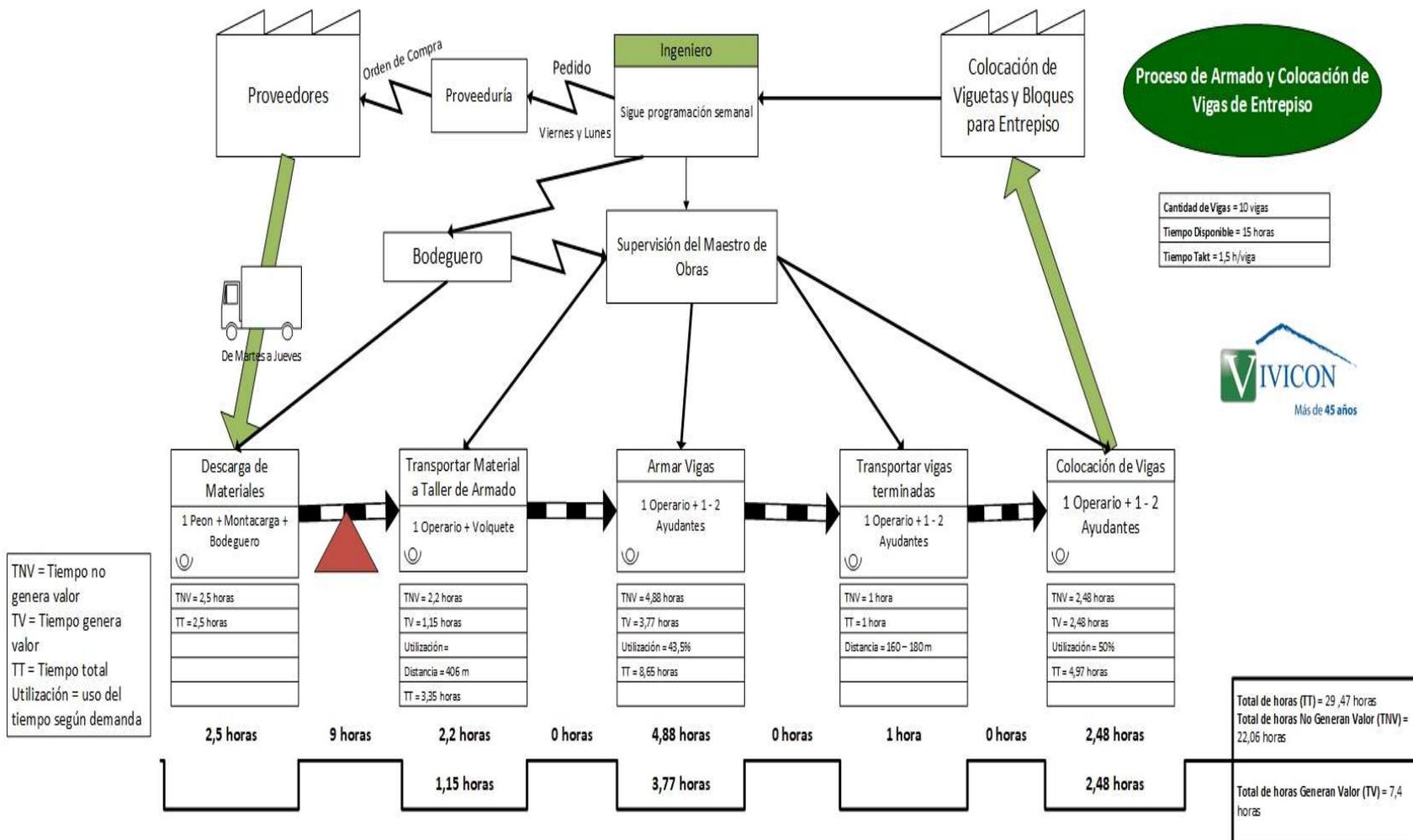
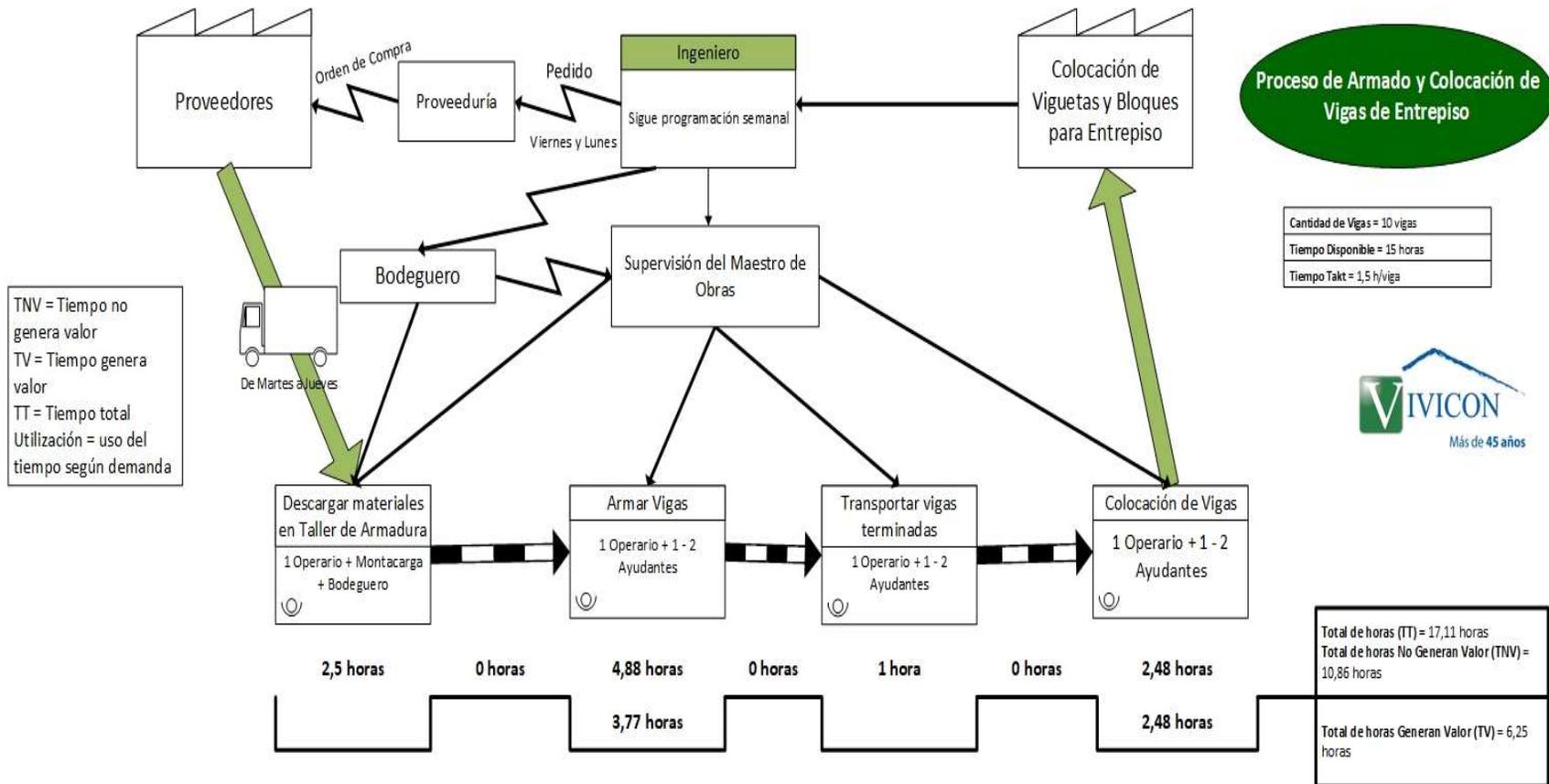


Figura 64. Mapa de flujo de valor estado actual del proceso de armado y colocación de acero en vigas de entripiso



**Figura 65.** Mapa de flujo de valor estado futuro del proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso

En el cuadro 24, se presentan los diferentes hallazgos al momento de la toma de datos, que deben ser analizados, pues estos generan bajas productividades en el proceso

y bajos rendimientos, además, se proponen mejoras o soluciones para los diferentes hallazgos.

<b>CUADRO 24. HALLAZGOS Y PROPUESTAS EN EL PROCESO DE ARMADO Y COLOCACION DE ACERO EN VIGAS DE ENTREPISO</b>	
Hallazgos	Propuestas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación lejana del taller de armadura.</li> <li>• Traslado de material desde bodega al taller de armadura.</li> <li>• Inadecuado almacenamiento de material.</li> <li>• Mucho desecho de varilla y alambre negro que se pierde.</li> <li>• Desorden en el taller de armadura.</li> <li>• Constante movimiento del personal.</li> <li>• Vigas armadas expuestas al exterior sin ninguna protección.</li> <li>• Retrabajos después de colocar las vigas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar el taller de armadura cercano al sitio de trabajo.</li> <li>• Realizar una bodega más pequeña cercana al sitio de trabajo.</li> <li>• Descargar el material en taller armadura.</li> <li>• Crear espacios en alto dentro del taller de armadura para el <i>stock</i> de varillas.</li> <li>• Tener estañones rotulados.</li> <li>• Espacio bajo techo para ubicar vigas terminadas en bodega o en el sitio de trabajo.</li> <li>• Trazar con anterioridad la ubicación de las viguetas.</li> </ul>

# Análisis de resultados

## Análisis del sitio de trabajo en los proyectos

En la Figura 24, se muestra una imagen del sector que se encuentra actualmente en construcción del Proyecto Avenir, con las medidas realizadas de distancias y tiempos de los diferentes trayectos que deben realizar los trabajadores día a día, desde la bodega hasta el sitio de trabajo y algunas otras ubicaciones de importancia. Este es uno de los análisis de mayor importancia para la empresa, se considera que la ubicación actual de la bodega se encuentra muy lejos del área donde están construyendo, esto implica pérdidas de tiempo y largos traslados de materiales, trayendo consigo una baja productividad en cualquier proceso constructivo que se va realizando.

En la actualidad, se encuentran trabajando en finca seis, esta finca es dedicada a la construcción de viviendas y en finca tres, donde se presenta mayor abundancia de trabajo. En la finca tres se construyen los apartamentos, esto implica un traslado de material desde la bodega de un aproximado de 466 m, lo cual lleva consigo una duración de cinco minutos y medio, donde el camino en las temporadas de mayor lluvia se hace complicado. Por otro lado, se buscó la menor distancia de traslado a un sitio de trabajo, esta fue de 141 m, tomando como referencia la ubicación de la bodega, donde se tiene una duración de un minuto y cuarenta segundos. Esta duración, cabe resaltar que se midió a paso normal, sin detenerse ni con carga de material, pues estos son factores que

pueden influir y alterar aún más esta duración. Es de conocimiento que en el trabajo, muchos de los trabajadores tienden a detenerse para hablar con otros, provocando que se detenga el proceso; de igual manera, si carga algún material, el paso se puede ver reducido, generando una mayor duración.

Se realizó un sondeo a algunos trabajadores sobre cuántas veces debían ir a la bodega por día, en su mayoría, los trabajadores respondieron de dos a tres veces por día. Esto puede implicar para un solo trabajador un recorrido diario de 1,8 – 2,79 km, considerando ida y vuelta, con un tiempo perdido de traslado a la bodega y volver a su sitio de trabajo de entre 22 – 33 min, esto implica un costo que puede ir desde 500 colones diarios para el caso de un peón, hasta 870 colones diarios para un contratista, según los salarios mínimos por hora establecidos por ley. Ahora, si se consideraran varios trabajadores, sería mucho mayor el tiempo perdido solo en traslado, así como los costos en que incurre la empresa por esperas o simples traslados.

A nivel de empresa, el tiempo perdido se puede traducir en atrasos en programación o aumento del recurso humano para salir a tiempo con los trabajos, según la programación. Por otro lado, se le suma el tiempo que deben esperar los trabajadores en bodega para ser atendidos y poder sacar el material, cuando el material se puede trasladar a mano dado el peso o tamaño, en caso contrario, realizar un traslado de material más de 100 metros como los sacos de cemento, donde se deben llevar 20 sacos a la vez, algo imposible para un trabajador solo, lo cual implica esperar disponibilidad de

maquinaria. Todos estos son factores que se suman para dar a la postre una baja productividad.

Se propone generar una bodega de menor tamaño, con material de mayor necesidad, mucho más cercano a las áreas de trabajo, de preferencia que no superé los 80 - 100 m, alrededor de la nueva posible ubicación de la bodega. Es importante considerar los costos que implica construir una nueva bodega, incluyendo los materiales requeridos, sin embargo, esto es necesario dado que, según el avance de la obra que maneja la empresa, la ubicación actual se va a mantener lejana al área donde se está construyendo, además de que a futuro se va alejar aún más, debido a las nuevas construcciones.

Se debe estudiar con mayor profundidad los tiempos de entrega de materiales por parte de la bodega, estos deberían considerar un tiempo prudencial para la espera del trabajador y un tiempo máximo para la entrega del material.

En la Figura 25, se muestra, de igual manera, una imagen del sector donde actualmente se encuentra la construcción en el Proyecto Cedro Real. A diferencia del Proyecto Avenir, es un proyecto que ya se encuentra con mucho mayor avance, hállese de un 67 %, por lo tanto, se considera que la ubicación de la bodega, según el avance de la construcción, es adecuada, pues la bodega se encuentra ubicada con un radio no superior a los 100 m desde cualquier sitio de trabajo alrededor del proyecto.

Como se logra ver en la tabla con las distancias y duraciones, la mayor distancia es de 111 m, tomando una ruta que solo se toma por parte de la maquinaria. Se debe considerar que el camino es de adoquín, por lo tanto, no hay problema para la maquinaria en trasladarse al sitio de trabajo más lejano, pues para llegar al mismo punto, el trabajador recorre 87 m por otra ruta más cercana.

De igual forma, se realizó un sondeo a los trabajadores, para conocer cuántas veces deben ir a la bodega por día, donde indicaron que de 2 a 3 veces al día, en este

caso el mayor problema no es el tiempo de traslado, puesto que involucra una pérdida de tiempo de cuatro a seis minutos, la cual no genera desplome, lo que se debe considerar es el tiempo que se pierde en la espera de material en bodega, pero, para este caso, debido a la velocidad en la que avanza este proyecto en la actualidad, es muy lenta por las ventas de las mismas casas.

## Pega de bloques

En la Figura 26, se muestra el diagrama de flujo para el proceso de pega de bloques, con las tareas necesarias para poder llevar a cabo de manera adecuada el proceso, con la secuencia correcta.

Siguiendo el diagrama de flujo, muestra como una tarea de importancia el traslado de los materiales, pues este es uno de los factores que generan una baja productividad en este proceso. Posteriormente, el proceso adecuado que se debe seguir, el último paso es donde el maestro de obras debe visitar la zona de trabajo para chequear los niveles y que el plomado de las paredes sean las correctas.

En el cuadro 1, se presenta el equipo, materiales, y mano de obra necesarios para llevar a cabo el proceso. La dependencia de los volquetes para este proceso es de suma importancia, debido a la lejanía de la bodega al sitio de trabajo, pues es el equipo que permite el traslado de material. La mano de obra para este proceso normalmente se trabajó con cuadrillas de dos trabajadores, lo cual, para este proceso, es bien visto por la empresa, debido a que la velocidad con la que se construye es relativamente baja, en la cual, según el momento de realizar la programación, se manejan tiempos de cuatro días a una semana para realizar este proceso.

En los cuadros 2, 4, 6, 8 y 10, se muestra la información general de los muestreos de trabajo que se realizaron durante todo el proceso completo. Estos

procesos tenían una duración de entre 4 a 7 días, dependiendo de dónde se estaba laborando. Para esto, se conoce que cuando se habla de casas, las duraciones rondaban de cinco días en adelante y para los apartamentos, los tiempos rondan entre tres y cuatro días, por consiguiente, para cada muestreo se realizó el estudio de la productividad y sus rendimientos.

Para el muestreo 1, se analizó la pega de bloques de un segundo nivel de una vivienda, en el Proyecto Avenir y se obtuvo un 34 % de trabajo productivo, un 55 % de trabajo contributivo y 11 % de trabajo no productivo, esto a nivel de cuadrilla. Dicha cuadrilla consta de un operario y su ayudante.

Con los valores obtenidos anteriormente, se demuestra que, según los parámetros de productividad establecidos por Serpell (2002), donde los valores de trabajo productivo, contributivo y no productivo deben ser 60%, 25% y 15%, respectivamente, basados en los resultados, únicamente el trabajo no productivo cumple los parámetros establecidos, siendo este menor al 15 %.

Lo cual indica que no se presenta mucho desperdicio del tiempo, pero esta afirmación es válida si la duración del proceso no es sumamente extensa; por otro lado, el porcentaje de trabajo productivo no cumple el mínimo establecido. Esto demuestra que el trabajo está recayendo en tareas contributivas que no generan valor al proceso, más de la mitad del tiempo de este proceso se dedica a hacer tareas contributivas.

Para ver más a fondo cuáles son esas tareas, se construyó la Figura 29, donde subdivide ese porcentaje (55%) de trabajo contributivo. De esta Figura 29, se puede observar que la tarea de mayor relevancia abarca el 19,4 % del tiempo para realizar labores de apoyo, estas se refieren a verter la mezcla de concreto o la mezcla de pega de bloques en los carretillos o cubetas, hacer la mezcla en la batidora, el doblar de la varilla horizontal, que son tareas que de una u otra manera siempre van a estar presentes dentro de este proceso.

Por esta razón, es justificable que se tope con porcentajes de trabajo contributivo y ese porcentaje cumple bajo el 25 % establecido, por lo tanto, se debe analizar en segundo caso la tarea de transporte de más de cinco metros con un 11,7 %, esto se refiere a que, al momento de la toma de las mediciones, la ubicación de los materiales, equipos y agregados se encontraba lejos del área de trabajo, lo cual incurría en pérdidas de tiempo trasladándose. Además, la tarea de limpieza y orden tiene un 10,3 %, esto ejemplifica que en el área de trabajo se encontraba mucho desorden, que constantemente debían dedicarse a limpiar, tarea que debería aplicarse prácticamente al final del día laboral, para recoger y limpiar su área de trabajo.

Para las tareas no productivas, el 6,2 % del tiempo se debe a viajes, esto es tiempo perdido para el trabajador y para la empresa, pues es una tarea donde la cuadrilla se iba del sitio de trabajo o por el traslado hasta la bodega, como antes se mencionó, con distancias superiores a los 300 m.

Darle solución a estas tareas no productivas y contributivas, automáticamente beneficia la labor, convirtiéndolas en trabajo productivo, considerando que hay tareas que no se van a poder variar, siempre van a ser trabajos contributivos.

En la Figura 30, se muestra el comportamiento individual de la cuadrilla, con esta figura se demuestra que el operario es quien lleva la batuta en este proceso, con un porcentaje superior al 55 %, pero, de igual manera, no cumple con el mínimo de 60 %, pero se aproxima.

Por otro lado, se demuestra que el ayudante cumple con sus funciones, las cuales prácticamente son, como su nombre lo indica, “ayudar”, además de que es quien mayor tiempo no productivo genera. Esto significa que el trabajador hay momentos en que se queda sin trabajo a la espera de órdenes por parte de su jefe inmediato, quien para este caso y la manera en que se trabaja, sería el operario.

El cuadro 3 muestra el rendimiento obtenido para el muestreo 1, donde se obtuvo 1,72 m<sup>2</sup>/h.

Para el muestreo 2, se analizó la pega de bloques en un segundo nivel de un apartamento en el Proyecto Avenir y se obtuvo un 28 % de trabajo productivo, un 53% de trabajo contributivo y un 19% de trabajo no productivo, con una cuadrilla conformada por un operario y un ayudante, ningún porcentaje cumple con lo establecido.

Para analizar con mayor criterio, se observa la Figura 32, donde se obtiene que el 17,2% se debe a tareas de apoyo, tareas que de manera obligada se deben realizar y no se pueden eliminar, de igual manera, esta cuadrilla dedica mucho de su tiempo para realizar limpieza, que es un 12,3% del tiempo.

Además de la ubicación de los materiales, estos se encuentran a una distancia superior a los cinco metros que afecta en la productividad del proceso; por otro lado, sobre las tareas bajo los trabajos no productivos, la de mayor impacto es el tiempo ocioso, con un 7%. Esto se debe a que a los trabajadores les gusta mucho bromear en el trabajo o de vez en cuando utilizar el teléfono; las otras dos tareas de carácter importante son el viaje, como el traslado del trabajador a la bodega por algún material o bien para arreglar alguna situación y el ausentismo, este se debe a que alguno de los trabajadores deja el sitio de trabajo para realizar labores que no corresponden al proceso.

En la Figura 33, se muestra el comportamiento individual de la cuadrilla, donde el operario es quien realiza el mayor trabajo productivo, el ayudante la única tarea productiva que realiza es el relleno de celdas, después de eso, él utiliza la mayor parte de su tiempo al trabajo contributivo.

El cuadro 5 presenta el rendimiento obtenido para el muestreo 2, donde se tiene un rendimiento de 1,42 m<sup>2</sup>/h.

Para el muestreo 3, se analizó la pega de bloques en un segundo nivel de un apartamento en el Proyecto Avenir y se obtuvo un 37 % de trabajo productivo, un 48% de trabajo contributivo y un 15 % de trabajo no

productivo. De los cuales, el único porcentaje que se cumple es el de trabajo no productivo, para una cuadrilla conformada por un operario y su ayudante.

Para analizar con mayor criterio, se observa la Figura 35, donde se obtiene que el 12,4 % se debe a tareas de apoyo; en segundo lugar, el transporte de más de cinco metros vuelve a ser un factor repetitivo en las diferentes muestras, donde ubican la batidora, los agregados y materiales muy lejos del sitio de trabajo.

Seguidamente, con un elevado porcentaje del tiempo se encuentran las tareas de instrucción y medición, esto da a entender que la cuadrilla para esta labor tenía muchas dudas y se dieron muchas consultas y mediciones para confirmar datos.

Esta cuadrilla dedica un 7,4 % del tiempo para realizar labores de limpieza, por otro lado, se presenta un 10,4% del tiempo para viajes, esto se debe al traslado del trabajador a la bodega por algún material, donde se pueden analizar dos casos muy recurrentes en el proyecto: uno es que en algunos casos el trabajador olvidó algún material, por lo tanto, debe volver y trasladarse mucha distancia para recogerlo y el segundo caso, se puede deber a que, en el momento en que se sacó material para iniciar labores, no había suficiente material disponible, por lo tanto, el trabajador debe iniciar labores con el material disponible y después detener el proceso para ir a recoger el faltante.

En la Figura 36, se muestra el comportamiento individual de la cuadrilla, donde el operario y su ayudante tienen porcentajes de trabajo productivo prácticamente iguales. Esto se debe a un aspecto que más adelante se explicará con claridad y muestra cómo el operario es el que posee mayor porcentaje de tiempo en trabajo no productivo y con esto también demuestra que el trabajo contributivo es similar entre los dos trabajadores.

El cuadro 7 presenta el rendimiento obtenido para el muestreo 3, donde se tiene un rendimiento de 1,14 m<sup>2</sup>/h.

Para el muestreo 4, se analizó la pega de bloques en un primer nivel de un apartamento en el Proyecto Avenir, para este muestreo se obtuvo un 32% de trabajo productivo, un 51% de trabajo contributivo y un 17% de trabajo no productivo, de los cuales ningún porcentaje cumplió los parámetros establecidos en la teoría, para una cuadrilla de un operario y su ayudante.

En la Figura 39, se puede observar con mayor detalle a qué se deben los porcentajes antes mencionados, un 18% del tiempo es dedicado a tareas de apoyo, las cuales, si fueran únicamente las necesarias como trabajos contributivos, cumplirían con los parámetros establecidos en la literatura. Esta cuadrilla también muestra que dedican mucho de su tiempo en limpieza y orden un 11,8%, es tiempo que se podría invertir en tareas productivas.

En la Figura 40, se muestra el comportamiento individual de la cuadrilla, donde el operario dedica un 55 % del tiempo al trabajo productivo y su ayudante un 10 % del tiempo dedicado al mismo. Este trabajador es quien proporciona mayor tiempo no productivo y ambos tienen porcentajes similares en tareas contributivas.

Del cuadro 9, se obtienen los datos de rendimientos para la muestra 4, donde en la buena teoría esta debería tener un mayor rendimiento, debido a que se trabaja a nivel de suelo, las tareas no deben tener tantas complicaciones, dando así 1,52 m<sup>2</sup>/h.

Para el muestreo 5, se analizó la pega de bloques en un segundo nivel de una casa en el Proyecto Cedro Real, donde posterior a las mediciones, se obtuvo un 36% de trabajo productivo, un 56% de trabajo contributivo y un 8% de trabajo no productivo. Comparando con lo establecido en la teoría, el único trabajo que cumple los parámetros es el trabajo no productivo, pues es menor al 15%, con una cuadrilla conformada por dos operarios y un ayudante.

En la Figura 42, se muestra con mayor detalle que el 22,9% pertenece a tareas de apoyo, tareas que, como se ha mencionado anteriormente, se van a seguir

presentando siempre. El transporte de materiales a una distancia mayor de cinco metros sigue siendo una tarea con mayor porcentaje de 9,8%; el 4,8% correspondiente al andamiaje se debe a que se invirtió mucho del tiempo armando andamios, pues no se utilizan los andamios metálicos dentro de las casas, utilizan “burras” y tablonés.

Por otro lado, se logra ver la reducción del porcentaje de trabajo no productivo, debido a que la bodega se encuentra más cercana al sitio de trabajo.

En la Figura 43, se puede observar que ambos operarios dedicados a la pega de bloques superan de manera individual lo establecido en la literatura, por lo tanto, estos trabajadores se puede considerar que son productivos y su ayudante está dedicado prácticamente a hacer labores contributivas.

En la Figura 44, se muestran de manera resumida los resultados de productividades para los muestreos realizados. Además, se observa cómo se desarrolla mucho trabajo contributivo en todas las muestras y el trabajo no productivo se encuentra cercano a lo establecido en la literatura; asociado con la Figura 45, donde se presenta el promedio obtenido de las muestras, confirma que en este proceso se invierte más de la mitad del tiempo en trabajos que no generan valor, es decir, un 67% del tiempo, dejando solo el 33% del tiempo para trabajos que generan valor a la empresa.

Del cuadro 11 se obtiene un rendimiento de la cuadrilla de 2,95 m<sup>2</sup>/h, siendo la mayor para realizar los trabajos en menor tiempo, pero con mayor recurso humano. Es un punto que se debe analizar según programación, debido a que se debe poner en una balanza qué es prioritario, si cumplir los plazos o no excederse en costos que no se han contemplado.

## Hallazgos en el proceso de pega de bloques

Durante la toma de datos para los diferentes muestreos, se observaron varios aspectos que se deben considerar para obtener mejores rendimientos y productividades. Algunos de estos aspectos se presentan en el apéndice.

Para iniciar, en el primer muestreo, en el Proyecto Avenir, se encontró que las tarimas de bloques se ubicaban a una distancia de entre 70 y 100 m del sitio de trabajo y se debían trasladar los bloques a un segundo nivel. Con un peón y una carreta, debían montar los bloques a la carreta, esperar al volquete para trasladar los bloques hasta la cochera de la casa y después subir dichos bloques.

Para esta casa eran necesarios 1600 bloques y en cada viaje en carreta se trasladaba un máximo de 205 bloques, se necesitaban 3,64 días para poder tener todo el material en el segundo nivel. Todo este tiempo invertido no genera valor, más bien se atrasa el proceso, además de esto, el peón tenía dos maneras para subir los bloques: una manera era subir los bloques por las gradas de la casa donde los subía de tres en tres y la otra manera era desde la cochera, se subía a la carreta y desde ahí colocaba los bloques en la orilla del segundo nivel, posteriormente, debía acomodar los bloques en el mismo.

Una vez que tuviera los bloques en el segundo nivel, estos deben estar bien distribuidos, lo cual quiere decir que lo recomendable era colocar unas tarimas en las cuatro esquinas de la casa, para que el operario al pegar los bloques no deba trasladarse más de cinco metros sobre el segundo nivel, todo quedará a la mano.

Con lo mencionado anteriormente, se presentaron dos casos, cuando el peón debía subir los bloques dependía de cómo trabajara el operario al pegarlos, se presentó que un operario pegaba toda la primer hilada alrededor de la casa y así con las demás, esto generaba que según iba avanzando el

proceso, al peón se le impedía subir los bloques por el frente de la casa, lo obligaba a subir de tres en tres y esto era más lento. En otro caso, el operario trabaja en los alrededores de la casa dejando de último el frente de la misma, de esta manera permitía al peón subir los bloques por el frente de la casa.

Para este tipo de problema, se recomendó a la empresa que cuando llegaba el camión y se debía descargar el material, les indicaran descargarlo en las cocheras de las casas, según el avance de las obras y de esta manera evitar el traslado de bloques en la carreta, o bien incurrir en costos de maquinaria que permitiera trasladar el material y además poder subirlo al segundo nivel.

Para los apartamentos se presentaba una dificultad mayor y se debía a que el acceso al terreno era muy complicado, por lo tanto, en estos casos, para subir los bloques se necesitaban tres peones. Lo recomendable era poder arreglar un sector que permitiera el acceso a los trabajadores y maquinaria.

Otro factor que afecta es la ubicación de las previstas electromecánicas, se encontraron varios casos donde había mucha tubería junta en un mismo punto, esto provoca que no pase por las celdas de los bloques. Para este problema, se propuso rediseñar las ubicaciones de las salidas.

Como se sabe, siempre el iniciar un proyecto es complicado, por lo tanto, cuando se inició con los apartamentos, se presentaron varias complicaciones que afectan la productividad. Una de ellas se debía al acceso a las zonas, otra es que, para subir material al segundo nivel, no tenían las escaleras de los apartamentos hechas, esto generaba armar andamios para poder subir materiales y mayores recursos humanos.

Para este problema se propuso crear escaleras provisionales, con el fin de evitar el uso de las escaleras comunes y corrientes, pues los trabajadores correrían riesgos subiendo materiales pesados por medio de estas.

Para la construcción de los apartamentos, estos eran en dúplex,

compartían una pared, al momento de la pega de bloques, trabajaban dos cuadrillas, una en cada apartamento, pero esto generó atrasos de una cuadrilla a la otra. Pues en las paredes compartidas dependían de que una cuadrilla tuviera listos los bloques para que la otra continuara.

Para este problema se propuso la idea de que una sola cuadrilla se dedicara a la pega de bloques, se generó un pequeño paso a paso, el cual se encuentra en el apéndice 3, donde indica cuáles hiladas se debían colocar primero y dar una secuencia que no impidiera poder trasladarse de un apartamento a otro.

En muchos de los casos, se les consultó a los operarios si se guiaban con planos, pues estos eran modulados, pero siempre se notó que los operarios lo hacían a la libre. Por lo tanto, se propuso crear un plano donde se visualizara cuáles bloques debían colocar en las esquinas de la primer hilada, para evitar el mal uso de los bloques, pues en muchos de los casos se debían cortar los bloques a la mitad o más de la mitad, pues el espacio donde debían ubicarlos era pequeño, a pesar de que se diseñaron los apartamentos y las casas de manera modulada.

Otro factor que consume tiempo a los trabajadores es que estos debían colocar el acero horizontal, debían medir, realizar cortes y doblaje de varilla, para cada tres hiladas, esto para el caso de las casas y para el caso de los apartamentos, debían colocarlo cada dos hiladas, esto implicaba un 6 % del tiempo total del trabajo. Para este aspecto, se propuso que los mismos armadores debían darles las varillas horizontales a los bloqueros, donde solamente colocaran las varillas y se dedicaran únicamente a la pega de bloques.

Los muestreos se realizaron con cuatro diferentes cuadrillas, con esto se vieron distintas maneras de trabajar. Para el muestreo 1 y 2, estaba compuesto por un operario y su ayudante, estos tenían establecidas las labores de cada uno. El operario se dedicaba a la pega de bloques y la colocación del acero horizontal, el ayudante se dedicaba a realizar trabajos contributivos, como hacer mezclas de concreto y de pega de

bloques, así como pasar las herramientas necesarias, el único trabajo productivo es el de rellenar las celdas.

En el muestreo 3, de igual manera, la cuadrilla consta del operario y su ayudante, estos trabajadores hacían de todas las tareas, es decir, ambos hacían mezcla, ambos pegaban bloques. Para el muestreo 5, la cuadrilla consta de dos operarios y un ayudante, esta cuadrilla tenía establecidas las tareas, donde los operarios se dedicaban a la pega de bloques y colocación de la varilla horizontal, su ayudante se dedicaba a hacer mezclas y rellenar celdas.

En el cuadro 12, se muestra que el mejor rendimiento es para el muestreo 5, con una cuadrilla de dos operarios y un ayudante. El proceso se realiza de manera más rápida, pero si se desea trabajar con menor recurso humano, la cuadrilla del muestreo 1 trabaja de buena manera, lo que queda plasmado es que la manera de trabajar como la del muestreo 3 no es la mejor opción, porque no genera un buen rendimiento y tampoco la mayor productividad.

Además, si se toma la Figura 37, donde se realizó una comparación entre los muestreos 2 y 3, pues el trabajo es el mismo e iniciaron en el mismo día, se muestra que la cuadrilla del muestreo 2 pega más bloques por día trabajando como antes se mencionó y la cuadrilla del muestreo 3, con su forma de trabajar, obtiene un rendimiento más bajo. Esto provocó trabajar un día más para poder pegar 38 bloques que pudieron haberse pegado el día anterior, si se hubiese manejado de manera correcta el proceso.

En el cuadro 12 se muestra que el rendimiento promedio para las cinco muestras realizadas es de 1,46 m<sup>2</sup>/h, esto contempla tanto tiempos efectivos como tiempos de recreo y para el caso de rendimientos efectivos, se obtuvo 1,99 m<sup>2</sup>/h.

En la Figura 27, se muestra el diagrama de Ishikawa, donde se presentan las diferentes causas que provocan una baja productividad en este proceso, después de analizar los diferentes aspectos antes mencionados. Como se vio anteriormente,

muchas de las causas tienen solución sencilla y hay otras donde se depende de factores externos como el clima.

## Análisis de mapa de flujo de valor

En la Figura 46, se muestra de manera gráfica el proceso de pega de bloques utilizando mapas de flujo de valor en su estado actual, este proceso arranca cuando el ingeniero solicita, por medio del sistema de pedido que maneja la empresa, la cantidad necesaria o establecida en presupuesto. Esta es enviada a proveeduría, encargada de realizar la orden de compra y enviarla a los proveedores, se establece que las órdenes de compra deben enviarse de viernes a lunes, para que los materiales lleguen al proyecto entre martes y jueves.

Cuando llega el material al proyecto, la descarga debe ser realizada por dos peones, este proceso genera inventarios porque usualmente se queda de un día para otro, pues es normal que al día siguiente de haber llegado el material, se inicia el proceso de pega de bloques. En otras ocasiones, se puede quedar más días.

Posteriormente, en muchos de los casos, se deben transportar los bloques hacia el sitio de trabajo, donde pueden recorrer más de 70 m, esto implica un mínimo de 12 horas para lograr trasladar todos los bloques necesarios y demás materiales al sitio de trabajo.

Debido a que este transporte prácticamente necesita día y medio para poder tener todo el material y poder iniciar con el proceso de pega de bloques, se considera como un proceso, pues genera costos y tiempo a la empresa.

Como se puede observar en el mapa, el tiempo que se establece para tener listo el proceso de pega de bloques es de 45 horas para 105,8 m<sup>2</sup>, esto quiere decir que el tiempo según la demanda debe ser de 0,43 h/m<sup>2</sup>, por

lo que se deben pegar 12 bloques por cada 26 minutos, lo cual, siguiendo el proceso en total de tiempo invertido, produce el doble de la demanda: 0,83 h/m<sup>2</sup>.

Además, del total de horas involucradas, solamente el 25 % del tiempo genera valor al proceso, el tiempo restante es tiempo que no genera valor, pero acortando este más rápido, se podría tener listo el proceso y, por ende, se avanza más con más velocidad.

Por lo tanto, en la Figura 47, se muestra una propuesta del mapa de flujo de valor con mejoras que se deben considerar, de esta manera, se mejoró el tiempo a 0,68 h/m<sup>2</sup> según la demanda. Se analizó eliminar el proceso de transportar el material en carreta desde el *stock* de bloques hasta el sitio de trabajo, además de eliminar el inventario que se generaba después de tener todo el material en el sitio de trabajo.

## Armado y colocación de vigas de entepiso

En la Figura 48, se muestra el diagrama de flujo para el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entepiso, con las tareas necesarias para poder llevar a cabo de manera adecuada el proceso, con la secuencia correcta.

Siguiendo el diagrama de flujo, muestra cómo se le añade la tarea de trasladar las varillas al taller de armadura, esto se debe al manejo que tiene la empresa de las mismas e implica tiempo, por lo tanto, se toma como un proceso que debe ser analizado, así como los pasos comunes para el armado y colocación de cualquier armadura.

En el cuadro 14, se presenta el equipo, materiales, y mano de obra necesaria para llevar a cabo el proceso. La dependencia de los volquetes y de carretas para este proceso es de suma importancia, debido a la lejanía desde la bodega al taller de armadura,

según la Figura 24, hay una distancia desde la bodega hasta el taller de armadura de 408 m.

La mano de obra para este proceso normalmente se trabajó con cuadrillas de dos o tres trabajadores, lo cual para este proceso es bien visto por la empresa, debido a que a lo largo del tiempo han visto que se cumple con los tiempos y requerimientos establecidos.

En los cuadros 15, 17, 19 y 21, se muestra la información general de los muestreos de trabajo que se realizaron durante todo el proceso completo, estos procesos tenían una duración de entre un día a día y medio.

En el muestreo 1, se analizó el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso para un dúplex de apartamentos, para este muestreo se obtuvo un 34% de trabajo productivo, un 49% de trabajo contributivo y un 17% de trabajo no productivo, donde ninguno de los trabajos cumple con lo establecido en la literatura, esto para una cuadrilla de tres trabajadores, compuesto por un operario y sus dos ayudantes.

En la Figura 51, se presenta con mayor detalle la distribución de los porcentajes antes mencionados, donde se obtuvo que el 29% del tiempo se dedicaron a realizar tareas de apoyo, estas tareas constan de cortar varillas, realizar el doblaje de las mismas y los aros. Seguidamente, debido a dudas, se debió volver a medir en campo las longitudes de las vigas, pues no estaban quedando como se solicita en planos, esto equivale al 8,7% tiempo.

Además, la ubicación de los materiales sigue estando a más de cinco metros, esto implica un 3,8% del tiempo. Para las tareas no productivas, el 6,6% del tiempo se debe a que el operario se ausentó, esto se refiere a que el operario no se encontraba en el sitio de trabajo, además de que no realizaba ninguna labor correspondiente al proceso. Debido a esto, por no delegar las tareas a sus ayudantes se generaron esperas que implican un 3,8% del tiempo.

De la Figura 52, se obtuvieron los datos de productividad a nivel individual, donde se presenta que el ayudante 2 es el único trabajador que cumple con los parámetros del trabajo productivo, que es de un 60%. Debido a esto, la forma de trabajar de este ayudante debería ser copiada por sus compañeros para mejorar la productividad en el proceso. Por otra parte, se justifica que el ayudante 1 dedicó el 53% del tiempo a realizar los aros a todas las vigas y debido al ausentismo del operario, este fue el trabajador que más afectó a la productividad en este proceso.

En el cuadro 16 se obtuvo un rendimiento de 30,67 kg/h, armado y colocado.

Para el muestreo 2, se analizó el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso para otro apartamento, para este muestreo se obtuvo un 44% del tiempo al trabajo productivo, un 47% al trabajo contributivo y un 9% al trabajo no productivo.

De esta manera, el trabajo no productivo fue el único que cumplió con lo establecido, siendo menor al 15%. Indica que el tiempo no se malgastó, pero se invirtió más tiempo en tareas contributivas, esto para una cuadrilla de dos trabajadores, un operario y un ayudante.

En la Figura 54, se muestra que el 28,7% del tiempo se dedicaron a hacer tareas de apoyo, usualmente se debe a hacer los aros; en segundo lugar, hay un 7,2% del tiempo que corresponde al transporte mayor a cinco metros, esto se refiere a que la ubicación del material se encuentra lejos, se invierte mucho tiempo en el traslado del mismo.

Es importante recalcar que la toma de datos de este proceso se vio interrumpida porque se necesitaba a los trabajadores para realizar otros trabajos y pasaron 25 días para darle continuidad al proceso.

En la Figura 55, se muestra que el ayudante es quien mayor productividad presenta en el proceso, esto se debe a que el operario se dedica a hacer los aros, dejando así la labor de armado de las vigas al

ayudante, además de eso, el operario es quien presenta tiempos de trabajo no productivos.

En el cuadro 18, se presenta el rendimiento obtenido para este proceso, es de 24,06 kg/h.

Para el muestreo 3, se analizó el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso para una casa en el Proyecto Avenir, se obtuvo un 38% del tiempo para el trabajo productivo, un 51% al trabajo contributivo y un 11% al trabajo no productivo, se presenta que más de la mitad del tiempo se dedicaron a realizar trabajos contributivos, donde solamente el 38% de tiempo se considera como trabajo que genera valor al proceso.

De igual manera, solamente el trabajo no productivo cumple con los parámetros establecidos en la literatura, esto para una cuadrilla compuesta por un operario y su ayudante.

En la Figura 57, se muestra que el 30,3% del tiempo se dedicaron a realizar tareas de apoyo, esto comprende realizar aros; por otro lado, se infiere que hubo dudas con respecto a las medidas, pues esta cuadrilla tuvo que recurrir a confirmarlas, lo cual implicó un 8,7% del tiempo, para el trabajo no productivo se presentó un 5,5% del tiempo correspondiente a viaje, esto debido a su lejanía de la bodega.

En la Figura 58, se muestra que el ayudante fue más productivo que el operario, este se dedicó en su mayoría a armar las vigas, mientras el operario realizaba los aros y, de igual manera, se mantiene un mismo comportamiento comparado con los otros muestreos, donde el operario es quien más tiempo no productivo tiene.

En el cuadro 20 se presenta el rendimiento obtenido para este proceso, es de 25,17 kg/h.

Para el muestreo 4, se analizó el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso para una casa en el Proyecto Cedro Real, para este muestreo se obtuvo un 51% del tiempo para el trabajo productivo, un 46% para el trabajo contributivo

y un 3% para el trabajo no productivo. Con estos datos se obtiene que un poco más de la mitad del tiempo dedicado a este proceso se considera como trabajo que genera valor al proceso, se presentó muy poco trabajo no productivo.

En la Figura 60, se muestra con mayor detalle a qué se deben los porcentajes antes mencionados, un 34,8% es debido a tareas de apoyo, en segundo lugar, el transporte de más de cinco metros se puede comprar con otros muestreos, donde en este proyecto el acomodo de los materiales es mejor, no requiere tanto tiempo de traslado.

Para el trabajo no productivo, no se presentan viajes a la bodega, con esto se puede inferir que el trabajador tenía todos los materiales necesarios, además de que la bodega en este proyecto se encuentra más cercana, como se muestra en la Figura 25, se encuentra a una distancia de 30 m.

En la Figura 61, se muestra que el ayudante es muy productivo, esto se debe a que el operario se dedicó a todas las demás tareas, prácticamente el ayudante solo se dedicaba a armar las vigas, el operario le facilitaba todos los materiales necesarios para armarlas. Normalmente, ya al final del proceso es cuando el operario se suma al trabajo productivo, pues ya no tiene más tareas pendientes, solo armar las vigas. Se muestra como el operario es quien presenta trabajo no productivo.

En la Figura 62, se muestran de manera resumida los resultados de productividades para los muestreos realizados, se muestra cómo el trabajo contributivo es el que se presenta mayormente, los trabajos no productivos se lograron disminuir y solamente en el muestreo 4, se logró obtener más tiempo en el trabajo productivo que trabajo contributivo. Lo anterior asociado con la Figura 63, donde se presenta el promedio obtenido de las muestras, el cual confirma que a este proceso se le invierte más de la mitad del tiempo a trabajos que no generan valor, es decir, un 58% del tiempo, dejando solo el 42% del tiempo para trabajos que generan valor a la empresa.

En el cuadro 22 se presenta el rendimiento obtenido para este proceso, es de 34.80 kg/h.

## Hallazgos en el proceso de armadura

Durante la toma de datos, se hallaron ciertos aspectos que deben ser analizados con mayor detalle, como se mencionan en el cuadro 24, ya que estos provocan que se den bajas productividades.

En ambos proyectos, la manera de trabajar es la misma, los armadores realizan sus trabajos en el taller de armadura y, posteriormente, una vez armadas las vigas, se disponen a montarlas. Este proceso permite que el avance de la obra sea eficiente, debido a que, en caso de un clima adverso, se puede trabajar bajo techo en el taller de armadura, permitiendo el avance del proceso, este solamente se ve afectado cuando deban montarlas.

En el Proyecto Avenir, se presentaron varios aspectos por considerar, uno de ellos es la ubicación del taller de armadura. Este se encuentra lejos de los sitios de trabajo, lo cual genera mucho tiempo perdido en el traslado. Para esta situación se propuso acercar el taller de armadura, preferiblemente ubicarlo en un sitio donde el radio de cobertura de los lugares de trabajo no supere los 50 m.

Otro factor, que influye en bajas productividades y bajos rendimientos, es el traslado del material de la bodega al taller de armadura. Si bien es cierto, el material que entra al proyecto debe ir directamente a la bodega, pero para este caso específico, hállese del Proyecto Avenir, la ubicación de la bodega no es la ideal. Por lo tanto, se sugirió realizar una bodega cercana donde mantuviera un inventario semanal o diario para evitar traslados muy lejanos, o bien analizar la posibilidad de que el bodeguero, al tener conocimiento de cuánto material entra, simplemente se descarga directamente en el

taller de armadura y se lleva un control de cuánto se va gastando.

La manera como se guardan las varillas en ambos proyectos no es la adecuada, por su extensión se mantienen en el exterior y se cubren con plástico negro para evitar que el agua las oxide y les colocan algún tubo metálico por debajo para que no estén en contacto directo con el suelo.

Además, no solo en la bodega sucede esto, cuando las varillas se trasladan al taller de armadura, los trabajadores descargan este material de igual manera en el exterior. Se vieron casos en bodega, a pesar de que no es lo ideal, donde las varillas estaban bien cubiertas con plástico negro, pero al momento de llevarse las mismas al taller, los trabajadores las dejaban descubiertas y en el exterior, por lo tanto, no tenía ningún sentido cuidarlas en la bodega, si cuando llegan al campo esto no se hace.

Para este caso, se propuso que dentro del taller de armadura se construyeran estantes en altura, donde se podían guardar bajo techo las varillas y ubicados en el medio de las mesas de trabajo, para facilitar la obtención de las mismas.

Otro de los factores encontrados son los desechos de varilla, la empresa trabaja bajo lo presupuestado y este presupuesto se maneja por unidades de varilla, por lo tanto, los trabajadores deben ir a bodega y solicitar el material que aparece presupuestado, ni más ni menos.

En muchos de los casos, se encontró que había mucho sobrante de varilla y este sobrante solo se dejaba en el suelo, se propuso manejar medios estañones pintados y rotulados, donde se identificaran las medidas de estos sobrantes, para de esta manera mantener el orden y limpieza en el taller de armadura y facilitarles el trabajo a los armadores. Pues constantemente otros trabajadores venían a interferir el proceso para pedir varillas con cierta medida para algún trabajo específico, o bien para ellos mismos cuando necesitan pedazos para solucionar cualquier inconveniente.

El constante movimiento del personal es otro de los factores encontrados, en el muestreo 2 fue un vivo ejemplo, se les indica a los trabajadores iniciar con el armado de las vigas de entrepiso de un apartamento, pero tiempo después, se les solicitó dejar este proceso detenido, pues se les necesitaba para realizar otras labores. Pasaron 25 días para que los trabajadores retomaran el proceso nuevamente; esto trajo otro factor por considerar, los trabajadores, cuando terminaban de armar las vigas, las ubicaban en el exterior sobre tarimas, una viga sobre la otra, sin ninguna protección.

Pasaron los 25 días y cuando retomaron el proceso, se pudo observar que las vigas que se habían hecho se encontraban con presencia de óxido y esto sucedió con varias cuadrillas. Para esto se propuso agrandar el taller de armadura dejando previsto un espacio para poder almacenar las vigas bajo techo o también, dependiendo de dónde se iba a ubicar, para ahorrarse el tiempo de traslado días después, si la casa o apartamento tenía espacio y un lugar donde no se mojaran las vigas, trasladarlas al final del proceso.

Al momento de la colocación de las vigas, los armadores deberían trabajar de manera conjunta con los formaleteros, o bien con los encargados de colocar las viguetas, pues estos son los siguientes, una vez finalizado este proceso, porque se van a encargar de colocar las viguetas para el entrepiso.

Para ello, deben trazar dónde se van a ubicar dichas viguetas y de esa manera evitar un retrabajo para los armadores, porque deben volver a las vigas para mover los aros con un espacio reducido, con el fin de que puedan meter las viguetas.

Para este aspecto, se propuso que los encargados de colocar las viguetas dejen trazado dónde se van a ubicar las mismas y así evitar retrabajos en las vigas.

En el cuadro 23, se muestra que el rendimiento promedio para las cuatro muestras realizadas es de 28.68 kg/h, esto contempla tiempos efectivos como tiempos de

recreo y para el caso de rendimientos individuales, se obtuvo 13,06 kg/h.

En la Figura 49, se muestra el diagrama de Ishikawa, donde se presentan las diferentes causas que provocan una baja productividad en este proceso, después de analizar los diferentes aspectos antes mencionados.

## **Análisis de mapa de flujo de valor**

En la Figura 64, se muestra de manera gráfica el proceso de armado y colocación de acero en las vigas de entrepiso, utilizando mapas de flujo de valor en su estado actual.

Este proceso arranca cuando el ingeniero solicita, por medio del sistema de pedidos que maneja la empresa, la cantidad necesaria o establecida en presupuesto, esta es enviada a proveeduría, encargada de realizar la orden de compra y enviarlas a los proveedores.

Se establece que las órdenes de compra deben enviarse de viernes a lunes, para que los materiales lleguen al proyecto entre martes y jueves. Cuando llega el material al proyecto, la descarga la realizan el bodeguero con ayuda del montacarga y un peón, este proceso genera inventarios, usualmente se queda de un día para otro.

Al día siguiente es cuando el material se debe utilizar, se considera el transporte a lo interno del proyecto como un proceso, puesto que este involucra tiempo y costo a la empresa. Ese traslado en el Proyecto Avenir es de 408 m, esto genera 3,35 horas para lograr trasladar todas las varillas necesarias y demás materiales al sitio de trabajo. Además, de esperar la disponibilidad de los volquetes, para este caso se tenía disponible uno, por lo tanto, no hubo mayor espera, por esta razón, se puede contemplar una duración mayor en este proceso por disponibilidad de los volquetes.

Como se puede observar en el mapa, el tiempo que se establece para tener listo el proceso de armado y colocado es de 15 horas, donde se tiene una demanda de 10 vigas, esto quiere decir que el tiempo según la demanda debe ser de 1,5 h/viga, por lo que se deben armar y tener colocada una viga cada hora y media. Siguiendo todos los procesos que demandan, desde que el material llegó al proyecto hasta tenerlo colocado, se obtuvo un tiempo total de 29,47 horas.

Esto quiere decir que al final, el proceso completo se realizó en 2.95 h/viga, el cual no satisface la demanda, siendo una industria manufacturera se estaría perdiendo mucho dinero.

Del total de horas invertido para completar este proceso, solamente el 25% del tiempo se consideró como tiempo que genera valor. Esto indica que el 75% restante consumió dinero de la empresa, el cual no se ve reflejado en ganancias.

Es necesario acortar este tiempo, para acelerar el proceso y llegar más rápido a la meta, pero no solo acelerar el proceso es lo que se necesita, sino también que el tiempo sea bien invertido, no tener que mal gastar el dinero pudiendo darle soluciones simples que reducen ese dinero mal gastado y aumentar el tiempo de valor.

Por lo tanto, en la Figura 65, se muestra una propuesta del mapa de flujo de valor con mejoras que se deben considerar. De esta manera, se logra reducir el tiempo a 1,71 h/viga, pero no es suficiente para satisfacer la demanda. La única manera de cumplir con la demanda es aprovechar mejor el tiempo de trabajo a lo interno de los procesos señalados en la Figura 65, con las propuestas de mejora realizadas anteriormente hay mucha posibilidad de que se cumpla.

# Conclusiones

- Para el Proyecto Avenir, la ubicación actual de la bodega no es la ideal, pues se ubica lejana a las áreas de trabajo, este es un factor de mayor impacto en la productividad de los procesos.
- La distancia recorrida diariamente por los trabajadores es de mínimo 400 m por viaje, la cual no es la adecuada, consume mucho tiempo y esto se transforma en costos para la empresa.
- Para el Proyecto Cedro Real, la ubicación actual de la bodega según el avance de obra se considera como adecuada, generando mayores beneficios en la productividad de los procesos.
- Basados en los diagramas se muestra como el diseño de sitio es el factor que más influye a obtener una baja productividad.
- Es fundamental tener un análisis periódico de los diferentes procesos constructivos, para llevar un mejor control y poder realizar programaciones más acordes a la realidad.
- Mediante el muestreo de trabajo, se logró identificar factores que afectan directamente la productividad y, por ende, los rendimientos, tales como,
  - Ubicación lejana de los materiales.
  - Tiempos de espera en bodega.
  - Espera de disponibilidad de maquinaria.
  - Falta de materiales.
  - Acarreos excesivos.
  - Accesos complicados.
- En el proceso de pega de bloques, se encontró que la manera más eficiente para realizar el proceso es con una cuadrilla de un operario y un ayudante, y que cada trabajador tenga su labor establecida. Para la velocidad de producción que maneja la empresa.
- Según la comparación de cuadrillas realizada para el proceso de pega de bloques mostró que la cuadrilla que divide su labor es la de mayor rendimiento y productividad.
- En el proceso de armado y colocación de vigas de entrepiso, se encontró que se invierte mayor tiempo en tareas que generan valor en comparación con el proceso de pega de bloques.
- El promedio obtenido de productividad de los procesos muestra que se presenta más de la mitad del tiempo en trabajos que no generan valor.
- El promedio obtenido de productividad para el proceso de pega de bloques es de 33% de trabajo productivo, 53% de trabajo contributivo y 14% de trabajo no productivo.
- El promedio obtenido de productividad para el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso es de 42% de trabajo productivo, 48% de trabajo

- contributivo y 10% de trabajo no productivo.
- La base de datos realizada permite el cálculo de costos de mano de obra, a partir de los rendimientos obtenidos y como base de consulta, para futuras programaciones.
  - Basados en los mapas de flujo de valor para el proceso de pega de bloques, se invierte mucho tiempo en el acarreo de los bloques, donde la solución es ubicarlos en la cochera o lo más cercano al sitio de trabajo.
  - Basados en los mapas de flujo de valor para el proceso de armado y colocación de acero, una solución es descargar el acero directamente en el taller de armadura.
  - La rotación del personal provoca desorden y descuidos, pues al dejar tareas medio hechas, con el paso del tiempo no recuerdan cómo debían hacer los trabajos e incurrir en retrabajos.
  - Los rendimientos obtenidos solo pueden ser utilizados en viviendas o apartamentos que mantengan características semejantes.
  - En el proceso de armado y colocación de acero en vigas de entrepiso, la falta de supervisión por parte del maestro de obras o ingeniero provoca retrabajos, los cuales generan que los costos aumenten.
  - Siguiendo los mapas de flujo de valor, se logra mejorar los tiempos según la demanda para los procesos:
    - Para el proceso de pega de bloques 0,68 h/m<sup>2</sup>.
    - Para el proceso de armado de vigas de entrepiso 1,71 h/viga.
  - En los mapas de flujo de valor para que sea 100 % efectiva su mejora, se debe reducir el tiempo del proceso, además de aumentar los tiempos que generan valor al proceso.
  - La productividad de un proceso varía dependiendo de la manera como trabaje la mano de obra, a pesar de que se analice para un mismo proceso.
  - El traslado de material es un trabajo extra que implica costos a la empresa y más tiempo, costos que no generan valor al proceso.
  - Los rendimientos obtenidos fueron los siguientes:
    - Pega de Bloques para el muestreo 1 1,72 m<sup>2</sup>/h
    - Pega de Bloques para el muestreo 2 1,42 m<sup>2</sup>/h
    - Pega de Bloques para el muestreo 3 1,14 m<sup>2</sup>/h
    - Pega de Bloques para el muestreo 4 1,52 m<sup>2</sup>/h
    - Pega de Bloques para el muestreo 5 2,95 m<sup>2</sup>/h
    - Amado y Colocación muestreo 1 30,67 kg/h
    - Amado y Colocación muestreo 2 24,06 kg/h
    - Amado y Colocación muestreo 3 25,17 kg/h
    - Amado y Colocación muestreo 4 34,80 kg/h
  - Con los rendimientos de cada muestreo se obtuvo el promedio, donde:
    - Pega de bloques es de 1,46 m<sup>2</sup>/h.
    - Armado y colocación de acero es de 28,68 kg/h.

# Recomendaciones

- Se debe realizar un análisis de sitio, para identificar dónde se está consumiendo mucho tiempo en traslados de materiales, esto con el fin de reubicar lo necesario para evitar tiempos innecesarios.
- Elaborar más investigaciones para los procesos, con el fin de determinar más datos de productividad y rendimientos y tener mayores parámetros de comparación, además, establecer un comportamiento adecuado.
- Generar mayor cantidad de mediciones para un mismo proceso, con el fin de poder tener validez estadística.
- Los trabajadores de campo deberían retroalimentar a los de oficina para que los presupuestos estén con los materiales acordes a lo que se necesita, evitar inventarios.
- Utilizar la base de datos para darle seguimiento y que sea una herramienta de consulta fácil para posteriores programaciones de obra.
- Ubicar los baños más cercanos al área de trabajo, para evitar largos traslados del personal y pérdidas de tiempo.
- Invertir en herramientas de seguridad para facilitar los procesos y darles seguridad a los trabajadores.
- Para el estudio de productividad en los procesos, sería recomendable establecer de manera clara o clasificar las tareas según el tipo de trabajo al que pertenecen, de esta manera al momento de la toma de datos, se puede ser crítico y manejar un mismo criterio para cualquier proceso.
- Estar constantemente actualizando la base de datos para tener rendimientos lo más acordes a la realidad.
- Utilizar la base de datos para corroborar los costos de mano de obra de cualquier proceso y compararlos con los que se tiene en el sistema para pagarles a los trabajadores.
- Facilitar un plano por modelo de casa para el taller de armadura, de esta manera se evita andar buscando al encargado de los planos, o bien si otro trabajador se llevó el plano que se necesitaba.

# Apéndices

**Apéndice 1. Machote utilizado para la obtención de datos.**

**Apéndice 2. Ejemplo de medición de productividad y rendimiento para el proceso de pega de bloques.**

**Apéndice 3. Proceso de mejoramiento para la pega de bloques de los apartamentos.**

**Apéndice 4. Ejemplo de medición de productividad y rendimiento para proceso de armador y colocación de acero en vigas de entrepiso.**

**Apéndice 5. Base de datos de rendimientos.**

# Apéndice 1

## Formulario para medición de rendimientos en procesos constructivos

Proceso de: \_\_\_\_\_  
 Detalles: \_\_\_\_\_

Operario	Ayudante	Peón

Fecha: / /

Página /

Intervalos de @5 min	Trabajo Productivo	Trabajo Contributivo									Trabajo No Productivo					
		Andamiaje	Apoyo	Instrucción	Lim y Ord	Medición	Supervisión	Trans - 5 m	Trans + 5 m	Trazo	Ausente	Descanso	Esperas	Retrabajo	T. Ocioso	Viaje
0:00:00																
0:05:00																
0:10:00																
0:15:00																
0:20:00																
0:25:00																
0:30:00																
0:35:00																
0:40:00																
0:45:00																
0:50:00																
0:55:00																
1:00:00																
1:05:00																
1:10:00																
1:15:00																
1:20:00																

1:25:00																			
1:30:00																			
1:35:00																			
1:40:00																			
1:45:00																			
1:50:00																			
1:55:00																			
2:00:00																			
2:05:00																			
2:10:00																			
2:15:00																			
2:20:00																			
2:25:00																			
2:30:00																			
2:35:00																			
2:40:00																			
2:45:00																			
2:50:00																			
2:55:00																			
3:00:00																			

**Observaciones**

---

---

---



















Resumen de datos obtenidos																
Muestras Totales	Trabajo Productivo	Trabajo Contributivo									Trabajo No Productivo					
660		Andamiaje	Apoyo	Instrucción	Lim y Ord	Medición	Supervisión	Trans - 5 m	Trans + 5 m	Trazo	Ausente	Descanso	Esperas	Retrabajo	T. Ocioso	Viaje
Subtotales	222	20	128	0	68	25	1	30	77	13	1	1	4	2	27	41
%	34%	6%	35%	0%	19%	7%	0%	8%	21%	4%	1%	1%	5%	3%	36%	54%
Totales	222	362									76					
%	34%	55%									12%					

Desempeño General de Pega de Bloques en Avenir Condominio			
Muestra Total	660	Totales	%
Trabajo Productivo		222	33,6%
Trabajo Contributivo		362	54,8%
Trabajo No Productivo		76	11,5%

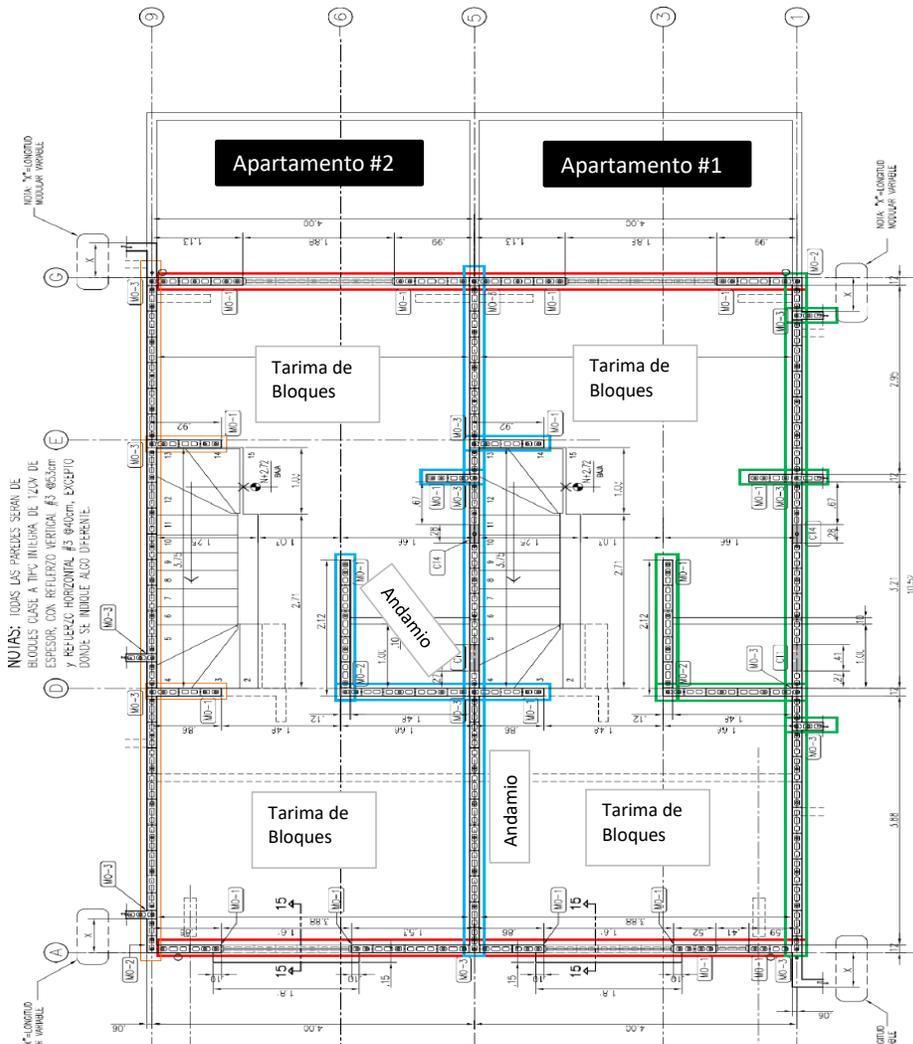
Análisis del desempeño en SubCategorías de Trabajo				
Muestra Total	660	Totales	%	3%
Trabajo Contributivo	Trabajo Productivo	222	33,6%	3%
	Andamiaje	20	3,0%	3%
	Apoyo	128	19,4%	3%
	Instrucción	0	0,0%	3%
	Lim y Ord	68	10,3%	3%
	Medición	25	3,8%	3%
	Supervisión	1	0,2%	3%
	Trans - 5 m	30	4,5%	3%
	Trans + 5 m	77	11,7%	3%
	Trazo	13	2,0%	3%
Trabajo NO Productivo	Ausente	1	0,2%	3%
	Descanso	1	0,2%	3%
	Esperas	4	0,6%	3%
	Retrabajo	2	0,3%	3%
	T. Ocioso	27	4,1%	3%
	Viaje	41	6,2%	3%

**OBTENCIÓN DE RENDIMIENTOS**

	<b>Hora de Inicio</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Duración (h)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción o Detalle</b>	<b>Rendimiento efectivo</b>	<b>Rendimiento jornada</b>
	9:55 AM	12:00 PM	2,08	25,08	0,20	5,02	79 bloques	Primer hilada	<b>2,41 m<sup>2</sup>/h</b>	
	12:40 PM	1:40 PM	1,00	9,88	0,20	1,98	24 bloques	Primer hilada	<b>1,98 m<sup>2</sup>/h</b>	
	1:40 PM	4:00 PM	2,08	17,80	0,20	3,56	47 bloques	Primer hilada	<b>1,71 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	9:55 AM	4:00 PM	5,08	52,76	0,20	10,55	150 bloques	Primer hilada toda la casa	<b>2,08 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>1,06 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	8:45 AM	1,75	30,31	0,20	6,06	82 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada	<b>3,46 m<sup>2</sup>/h</b>	
	8:45 AM	10:50 AM	1,75	26,55	0,20	5,31	71 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada	<b>3,03 m<sup>2</sup>/h</b>	
	10:50 AM	12:00 PM	1,17	19,16	0,20	3,83	50 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada	<b>3,28 m<sup>2</sup>/h</b>	
	12:45 PM	2:30 PM	1,75	23,50	0,20	4,70	71 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada	<b>2,69 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	2:30 PM	6,42	99,52	0,20	19,90	274 bloques		<b>3,10 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>2,49 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	9:00 AM	2,00	30,2	0,20	6,04	70 bloques	5ta, 6ta y 7ma hilada	<b>3,02 m<sup>2</sup>/h</b>	
	9:20 AM	12:00 PM	2,67	37,98	0,20	7,60	104 bloques	5ta, 6ta y 7ma hilada	<b>2,85 m<sup>2</sup>/h</b>	
	1:00 PM	2:30 PM	1,50	23,64	0,20	4,73	63 bloques	5ta, 6ta y 7ma hilada	<b>3,15 m<sup>2</sup>/h</b>	
	2:50 PM	4:00 PM	1,17	20,19	0,20	4,04	59 bloques	5ta, 6ta y 7ma hilada	<b>3,46 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	4:00 PM	7,42	112,01	0,20	22,40	296 bloques		<b>3,02 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>2,24 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	9:05 AM	2,08	28,67	0,20	5,73	85 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada Area de baño	<b>2,75 m<sup>2</sup>/h</b>	
	9:25 AM	10:40 AM	1,25	14,46	0,20	2,89	45 bloques	2da, 3ra y 4ta hilada Area de baño	<b>2,31 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	10:40 AM	3,34	43,13	0,20	8,63	130 bloques		<b>2,59 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>1,57 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	9:05 AM	2,08	20,15	0,20	4,03	67 bloques	5ta, 6ta y 7ma hilada	<b>1,93 m<sup>2</sup>/h</b>	
	9:20 AM	12:00 PM	2,67	37,12	0,20	7,42	104 bloques	5ta a 12va hilada	<b>2,78 m<sup>2</sup>/h</b>	
	1:00 PM	2:30 PM	1,50	22,88	0,20	4,58	69 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada	<b>3,05 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	2:30 PM	6,25	80,15	0,20	16,03	240 bloques		<b>2,56 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>2,00 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	9:00 AM	2,00	21,69	0,20	4,34	62 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada	<b>2,17 m<sup>2</sup>/h</b>	
	9:20 AM	12:00 PM	2,67	31,86	0,20	6,37	91 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada	<b>2,39 m<sup>2</sup>/h</b>	
	1:00 PM	2:35 PM	1,58	19,20	0,20	3,84	61 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada	<b>2,43 m<sup>2</sup>/h</b>	
	2:55 PM	4:30 PM	1,58	21,18	0,20	4,24	67 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada	<b>2,68 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	4:30 PM	7,84	93,93	0,20	18,79	281 bloques		<b>2,40 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>1,88 m<sup>2</sup>/h</b>
	7:00 AM	9:00 AM	2,00	22,01	0,20	4,40	74 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada Are	<b>2,20 m<sup>2</sup>/h</b>	
	9:25 AM	11:20 AM	1,92	25,42	0,20	5,08	77 bloques	9na, 10ma, 11va y 12va hilada Are	<b>2,65 m<sup>2</sup>/h</b>	
<b>RT</b>	7:00 AM	11:20 AM	3,91	47,43	0,20	9,49	151 bloques		<b>2,42 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>0,95 m<sup>2</sup>/h</b>
		<b>TOTAL</b>	40,26	528,93	0,20	105,79	1522 bloques		<b>2,63 m<sup>2</sup>/h</b>	<b>1,72 m<sup>2</sup>/h</b>
						15,11	14%			
						90,68	86%			
							217	Bloques por día		

### Apéndice 3.

Se propone pegar los bloques de está manera, con una sola cuadrilla:



De esta manera busco que el traslado del Operario no tenga que estar bajando y subiendo para ir de un apartamento a otro, y evitar dependencia de otra cuadrilla provocando esperas (pues trabajan a ritmos distintos), terminando el apartamento #1 en primer lugar, y posteriormente pasarse al apartamento #2.

1. Colocar primer hilada de ambos apartamentos
2. Levantar hasta la 4<sup>ta</sup> hilada o hasta viga banquina, dejando arranques en la pared compartida
3. Levantar pared completa (12 hiladas)
4. Levantar restante de pared
5. Levantar hasta la 7<sup>ma</sup> hilada, permite trasladarse de un apartamento a otro con andamio, y después levantar
6. Dejar únicamente primer hilada





3:33:00			O							A								
3:36:00	A		O															
3:39:00	A		O															
3:42:00	A		O															
3:45:00	A		O															
3:48:00	A		O															
3:51:00	A		O															
3:54:00	A		O															
3:57:00	A		O															
4:00:00	A		O															
4:03:00	A								O									
4:06:00	OA																	
4:09:00																		
4:12:00	OA																	
4:15:00	OA																	
4:18:00	OA																	
4:21:00	O		A															
4:24:00	O		A															
4:27:00	O		A															
4:30:00	OA																	
4:33:00									OA									
4:36:00									OA									
4:39:00	OA																	
4:42:00	OA																	
4:45:00	OA																	
4:48:00																		OA
4:51:00									OA									
4:54:00	OA																	
4:57:00	OA																	
5:00:00																		OA
5:03:00									OA									
5:06:00	OA																	
5:09:00	OA																	
5:12:00	OA																	
5:15:00									A					O				
5:18:00														A		O		
5:21:00																		OA
5:24:00									OA									
5:27:00	OA																	
5:30:00	OA																	
5:33:00									OA									
5:36:00	OA																	
5:39:00	OA																	
5:42:00	OA																	
5:45:00																		
	105	0	68	6	2	9	0	3	17	5	9	1	3	1	1	1	7	

Resumen de datos obtenidos																
Muestras Totales	Trabajo Productivo	Trabajo Contributivo									Trabajo No Productivo					
237		Andamiaje	Apoyo	Instrucción	Lim y Ord	Medición	Supervisión	Trans - 5 m	Trans + 5 m	Trazo	Ausente	Descanso	Esperas	Retrabajo	T. Ocioso	Viaje
Subtotales	105	0	68	6	2	9	0	3	17	5	9	1	3	1	1	7
%	44%	0%	62%	5%	2%	8%	0%	3%	15%	5%	41%	5%	14%	5%	5%	32%
Totales	105	110									22					
%	44%	46%									9%					

Desempeño General de Armado de Vigas de Entrepiso en Avenir Condominio			
Muestra Total	237	Totales	%
Trabajo Productivo	105	44,3%	
Trabajo Contributivo	110	46,4%	
Trabajo No Productivo	22	9,3%	

Análisis del desempeño en SubCategorías de Trabajo				
Muestra Total	237	Totales	%	3%
Trabajo Contributivo	Trabajo Productivo	105	44,3%	3%
	Andamiaje	0	0,0%	3%
	Apoyo	68	28,7%	3%
	Instrucción	6	2,5%	3%
	Lim y Ord	2	0,8%	3%
	Medición	9	3,8%	3%
	Supervisión	0	0,0%	3%
	Trans - 5 m	3	1,3%	3%
	Trans + 5 m	17	7,2%	3%
	Trazo	5	2,1%	3%
Trabajo NO Productivo	Ausente	9	3,8%	3%
	Descanso	1	0,4%	3%
	Esperas	3	1,3%	3%
	Retrabajo	1	0,4%	3%
	T. Ocioso	1	0,4%	3%
	Viaje	7	3,0%	3%

**OBTENCIÓN DE RENDIMIENTOS**

	Hora de Inicio	Hora Final	Duración efectiva (h)	Duración jornada (h)
Armando #1	RT 11:30 AM	4:20 PM	3,58	5
Armando #2 y Montando	RT 8:30 AM	4:16 PM	6,27	9
Montando	RT 6:30 AM	10:30 AM	3,75	5
<b>TOTAL</b>			13,60	19,00

Tipo de Viga	Long. Total	Volumen	%	Horas	Varilla #2	Varilla #3	Varilla #4	Varilla #5
A: 0,12 x H: 0,4 2#3 y 2#4 Aros: #3 @0,2	18,62	0,89 m <sup>3</sup>	22,45%	4,26 horas	0,00	75,01	40,99	0,00
A: 0,12 x H: 0,55 6#3 Aros: #3 @0,2	8,06	0,53 m <sup>3</sup>	13,36%	2,54 horas	0,00	59,83	0,00	0,00
A: 0,15 x H: 0,4 4#4 Aros: #3 @0,2	5,20	0,31 m <sup>3</sup>	7,84%	1,49 horas	0,00	16,31	23,86	0,00
A: 0,12 x H: 0,4 4#3 Aros: #3 @0,2	29,11	1,40 m <sup>3</sup>	35,09%	6,67 horas	0,00	159,82	0,00	0,00
A: 0,12 x H: 0,55 4#3 Aros: #3 @0,2	12,83	0,85 m <sup>3</sup>	21,27%	4,04 horas	0,00	81,24	0,00	0,00
<b>73,82 m</b>	<b>3,98 m<sup>3</sup></b>	<b>100,00%</b>	<b>19 horas</b>	<b>0,00</b>	<b>392,21</b>	<b>64,85</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
				CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	

Tipo de Viga	Varilla #2	Varilla #3	Varilla #4	Varilla #5	Total kg x Viga	%	kg/m	kg/h
A: 0,12 x H: 0,4 2#3 y 2#4 Aros: #3 @0,2	0,00	75,01	40,99	0,00	116,00	25,38%	6,230	27,20
A: 0,12 x H: 0,55 6#3 Aros: #3 @0,2	0,00	59,83	0,00	0,00	59,83	13,09%	7,423	23,57
A: 0,15 x H: 0,4 4#4 Aros: #3 @0,2	0,00	16,31	23,86	0,00	40,16	8,79%	7,724	26,98
A: 0,12 x H: 0,4 4#3 Aros: #3 @0,2	0,00	159,82	0,00	0,00	159,82	34,97%	5,490	23,97
A: 0,12 x H: 0,55 4#3 Aros: #3 @0,2	0,00	81,24	0,00	0,00	81,24	17,78%	6,332	20,11
<b>0,00</b>	<b>392,21</b>	<b>64,85</b>	<b>0,00</b>	<b>457,06</b>	<b>100%</b>	<b>Prom: 6,64</b>	<b>Prom: 24,36 kg/h</b>	

**Peso (kg)**

Tipo de Viga	Long. Total	Volumen	%	Horas	Varilla #2	Varilla #3	Varilla #4	Varilla #5
A: 0,12 x H: 0,4 2#3 y 2#4 Aros: #3 @0,2	18,62	0,89 m <sup>3</sup>	22,45%	3,05 horas	0,00	75,01	40,99	0,00
A: 0,12 x H: 0,55 6#3 Aros: #3 @0,2	8,06	0,53 m <sup>3</sup>	13,36%	2,54 horas	0,00	59,83	0,00	0,00
A: 0,15 x H: 0,4 4#4 Aros: #3 @0,2	5,20	0,31 m <sup>3</sup>	7,84%	1,49 horas	0,00	16,31	23,86	0,00
A: 0,12 x H: 0,4 4#3 Aros: #3 @0,2	29,11	1,40 m <sup>3</sup>	35,09%	6,67 horas	0,00	159,82	0,00	0,00
A: 0,12 x H: 0,55 4#3 Aros: #3 @0,2	12,83	0,85 m <sup>3</sup>	21,27%	4,04 horas	0,00	81,24	0,00	0,00
<b>73,82 m</b>	<b>3,98 m<sup>3</sup></b>	<b>100,00%</b>	<b>17,79 horas</b>	<b>0,00</b>	<b>392,21</b>	<b>64,85</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
				CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	

**Peso (kg)**

Tipo de Viga	Varilla #2	Varilla #3	Varilla #4	Varilla #5	Total kg x Viga	%	kg/m	kg/h
A: 0,12 x H: 0,4 2#3 y 2#4 Aros: #3 @0,2	0,00	75,01	40,99	0,00	116,00	25,38%	6,230	38,00
A: 0,12 x H: 0,55 6#3 Aros: #3 @0,2	0,00	59,83	0,00	0,00	59,83	13,09%	7,423	23,57
A: 0,15 x H: 0,4 4#4 Aros: #3 @0,2	0,00	16,31	23,86	0,00	40,16	8,79%	7,724	26,98
A: 0,12 x H: 0,4 4#3 Aros: #3 @0,2	0,00	159,82	0,00	0,00	159,82	34,97%	5,490	23,97
A: 0,12 x H: 0,55 4#3 Aros: #3 @0,2	0,00	81,24	0,00	0,00	81,24	17,78%	6,332	20,11
<b>0,00</b>	<b>392,21</b>	<b>64,85</b>	<b>0,00</b>	<b>457,06</b>	<b>100%</b>	<b>Prom: 6,64</b>	<b>Prom: 26,52 kg/h</b>	
CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO					



**LISTA DE RENDIMIENTOS**

**COSTO DE CUADRILLA**

CONDICIONES		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO2		COSTO CUADRILLA UNITARIO	UNIDAD	
UBICACIÓN		COND. P1	UN/HORA TOTAL		UN/HORA TOTAL		₺	UN
<b>5</b>	<b>ARMADURA</b>							
5.1	Armadura Cimentación							
5.2	Armadura Losa de Fundación							
	Proyecto Avenir	4 tipos de Vigas	31,99	kg /h			₺ 154,11 kg	
5.3	Armadura Paredes							
5.4	Armadura Columnas							
5.5	Armadura Contrapiso							
5.6	Armadura Entrepiso							
5.7	Armadura Vigas							
	Proyecto Avenir	7 tipos de Vigas	30,67	kg /h			₺ 160,73 kg	
	Proyecto Avenir	5 tipos de Vigas	24,06	kg /h			₺ 142,46 kg	
	Proyecto Avenir	13 tipos de Vigas	25,17	kg /h			₺ 136,17 kg	
	Proyecto Cedro Real	8 tipos de Vigas	34,80	kg /h			₺ 98,47 kg	
<b>7</b>	<b>PEGA DE BLOQUES</b>							
7.1	Pega de Bloques en Cimientos							
7.2	Pega de Bloques en Paredes							
7.2.1	Pega de Bloques en Paredes Primer Nivel							
	Proyecto Avenir		1,52	m <sup>2</sup> /h	19,00	Bloq/h	₺ 2.256,95 m <sup>2</sup>	
7.2.2	Pega de Bloques en Paredes Segundo Nivel							
	Proyecto Avenir		1,72	m <sup>2</sup> /h	22,00	Bloq/h	₺ 1.992,25 m <sup>2</sup>	
	Proyecto Avenir		1,42	m <sup>2</sup> /h	18,00	Bloq/h	₺ 2.412,35 m <sup>2</sup>	
	Proyecto Avenir		1,14	m <sup>2</sup> /h	14,00	Bloq/h	₺ 3.002,67 m <sup>2</sup>	
	Proyecto Cedro Real		2,95	m <sup>2</sup> /h	37,00	Bloq/h	₺ 1.812,52 m <sup>2</sup>	
7.3	Pega de Bloques en Tapichel							
7.3.1	Pega de Bloques en Tapichel Primer Nivel							
7.3.2	Pega de Bloques en Tapichel Segundo Nivel							

# Referencias bibliográficas

- Serpell, B. 2002. **ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN.** Alfaomega Grupo Editor, S.A de C. V. Ediciones Universidad Católica de Chile de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Segunda edición.
- Serpell, A. 1986. **PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.** Revista de Ingeniería en Construcción No.1.
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. 1989. **PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN CONSTRUCTION.** New York: McGraw-Hill.
- Hizen, J. 2009. *Work Measurment.* UNIVERSITY OF FLORIDA. Recuperado de <http://web.dcp.ufl.edu/hinze/Work%20Measurment.htm>
- Dozzi, S.P., AbouRizk, S.M. 1993. **PRODUCTIVITY IN CONSTRUCTION.** Ottawa, Ontario, Canada: Institute Research Council.
- Aspel. 2016. **EFICIENCIA, EFICACIA Y PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA.** Recuperado de <https://www.inadem.gob.mx/eficiencia-eficacia-y-productividad-en-una-empresa/>
- Mohammad K, 1993. **METHODS OF MOTIVATING FOR INCREASED PRODUCTIVITY.** Journal of construction engineering and management, Núm. 2, pp 148 – 156.
- Carrasco V., Hall. Bruce & Sweany J. 2013. **DENVER INTERNATIONAL AIRPORT – SOUTH TERMINAL REDEVELOPMENT PROGRAM.** Design of construction operations. pp 1 - 2
- Botero, F; Álvarez M. (2004). **GUÍA DE MEJORAMIENTO CONTINUO PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA.** Universidad EAFIT.
- Hernández, C. 1996. **ANÁLISIS ADMINISTRATIVO, TÉCNICAS Y MÉTODOS.** Costa Rica: Editorial UNED.
- Manene, L.M. 2011. **DIAGRAMAS DE FLUJO: SU DEFINICIÓN, OBJETIVO, VENTAJAS, ELABORACIÓN. FASES, REGLAS Y EJEMPLOS DE APLICACIONES.** Recuperado de <http://www.luismiguelmanene.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/#more-2309>
- Ahmed, S. Forbes, L. 2011. **MODERN CONSTRUCTION: LEAN PROJECT DELIVERY AND INTEGRATED PRACTICES.** Taylor and Francis Group, LLC. pp 62.
- Cabrera. R. s.f. **ANÁLISIS DE CADENA DE VALOR.** pp. 3
- Rother, M., Shook. J. 1999. **LEARNING TO SEE.** The lean enterprise institute. Massachusetts.

Asociación Española para la Calidad.  
**DIAGRAMA SIPOC.** Recuperado de  
[https://www.aec.es/web/guest/centro-  
conocimiento/diagrama-sipoc](https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc)

Botero Botero, L. F. (2002). **ANÁLISIS DE  
RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE  
MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE  
CONSTRUCCIÓN.** *Revista Universal  
EAFIT*, 9-21.