

Análisis de procesos constructivos, medida de productividad y rendimientos en el edificio TIC'S del ITCR

Abstract

This research seeks to analyze productivity and obtain yields of selected TICS building construction processes and identify factors that low productivity, also, helps creating and feeding a database that allows computing the cost of labor from yields, which represents important information for the Engineering Office to estimate costs for change orders of future projects.

Initially, activities were selected by techniques such as Pareto diagram and classifications A, B, C and Alpha, Beta, Gamma, based on the economic impact they generate.

Moreover, the analysis was based on a field study, from which processes information was extracted to measure productivity and to analyze affecting factors, also calculate performance under the amount of work done.

From the study of the three selected activities, structural column-walls, concrete beams and mezzanines, results of low productivity for processes such as manufacturing and casting concrete were obtained, but productivities with acceptable ranks for steel reinforcement construction, were got; thus could be identified factors and causes of low productivity.

With the yields obtained, a database to calculating workforce costs was performed.

Among the conclusions that could be obtained is that the size of the working groups can be reduced to optimize processes, besides, yields are unrelated to productivity, since at lower yields, higher productivity.

Keywords:

Classification, productivity, performance, database, cost

Resumen

Mediante la presente investigación se busca analizar la productividad y la obtención de rendimientos de procesos constructivos seleccionados del edificio TICS, así como identificar factores que afectan la productividad, además se colaboró en la creación de una base de datos, la cual se alimentó con información obtenida de tal manera que permita el cálculo de costos de mano de obra a partir de rendimientos, lo que representa para la Oficina de Ingeniería información importante para la estimación de costos durante ordenes de cambio de proyectos futuros.

Inicialmente, se seleccionaron las actividades por medio de técnicas como el diagrama de Pareto, clasificación A, B, C y Alfa, Beta, Gamma, basado en el impacto económico que estas generan.

Por otra parte el análisis se basó en un estudio de campo, del cual se extrajo información de los procesos para medir su productividad así como analizar los factores que la afectan, asimismo se calcularon rendimientos de actividades seleccionadas.

A partir del estudio realizado a tres actividades seleccionadas, columnas-muros estructurales, vigas de concreto y entepiso, se derivaron resultados de baja productividad para otros procesos como la fabricación y colado de concreto mientras las productividades se encuentran con rangos aceptables para la confección de armadura. De este modo se pudo identificar factores y causas de baja productividad. Con los rendimientos obtenidos se procedió a colaborar en la realización una base de datos para el cálculo de costos de mano de obra.

Dentro de las conclusiones se pudo obtener que el tamaño de las cuadrillas se puede reducir para optimizar los procesos, además los niveles de productividad más bajos estuvieron ligados a la actividad de entepiso.

Palabras clave:

Clasificación, productividad, rendimiento, base de datos, costo

Análisis de procesos constructivos, medida de productividad y rendimientos en el edificio TIC'S del ITCR

Análisis de procesos constructivos, medida de productividad y rendimientos en el edificio TIC'S del ITCR

DOUGLAS CAMACHO PIEDRA

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

Junio del 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO	6
METODOLOGÍA	13
RESULTADOS	34
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	159
CONCLUSIONES	176
RECOMENDACIONES	178
APÉNDICES	179
REFERENCIAS.....	180

Prefacio

La presente investigación surge como una iniciativa de la Oficina de Ingeniería de contar con información de productividad y rendimientos de las obras que se construyen en el campus del ITCR, para saber cómo se manejan los recursos dentro de la constructora.

Cabe mencionar que cuando se está en presencia de una orden de cambio el ITCR tiene injerencia en la decisión del proceso constructivo que se va a llevar a cabo para la elaboración de una extra o crédito, por lo que la productividad servirá para tener conocimiento de cómo se manejan los recursos bajo las condiciones en las que se realiza un determinado proceso, por ende con estos parámetros el ITCR podrá tomar decisiones de cómo se deba realizar una extra o crédito, así como también permite evaluar si lo cobrado es de un costo muy elevado debido a su baja productividad, por lo que puede decirle a la empresa constructora que realice esta labor de otra manera, porque se tiene un estudio de productividad que justifica que lo cobrado es muy elevado y es producto de los malos manejos del recurso.

Conjuntamente esta información servirá para colaborar con la profesora guía Ana Grettel Leandro Hernández en su proyecto de investigación de productividad en la construcción, el cual se lleva a cabo en forma conjunta con la Escuela de Química y Producción Industrial respectivamente, de esta forma se podrá brindar la información extraída de campo.

Se realizó el cálculo de rendimientos y la elaboración de una base de datos que permite el cálculo de costos de mano de obra. Estos datos son importantes para órdenes de cambio, dado que cuando se edifican proyectos y surge una extra o crédito, las empresas que construyen dan un monto total, por lo que la base de datos permitiría corroborar si esos gastos por concepto de mano de obra son cercanos a la realidad o si se cobra más de lo justo, lo que permitiría dar una idea del costo de esa actividad por concepto de recurso humano.

El objetivo principal de la investigación fue la determinación del costo de la mano de obra en actividades constructivas mediante el cálculo de rendimientos y productividades extraídos de campo en actividades seleccionadas, todo con ayuda de muestreos a diferentes instantes de tiempo.

Asimismo se analizara las posibles causas que generan la baja productividad por medio de extracción de información de campo con ayuda de entrevistas y encuestas lo que dará una idea a donde se pueden atacar estos problemas.

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a la persona más importante en mi vida, Dios, por permitirme realizar esta investigación, así como darme la vida y la sabiduría para realizar un gran esfuerzo, ya que sin él no podría ser quien soy hoy, además quiero agradecer a mis padres que a lo largo de toda mi vida siempre han estado a mi lado para apoyarme y alentarme a seguir adelante y durante este proyecto me apoyaron mucho y además para nunca dejarme vencer por los problemas, asimismo a mis hermanos que siempre me ayudaron cuando los necesitaba y estaban ahí a pesar de las diferencias que existían entre nosotros, así como también a mi profesora guía Ana Grettel Leandro Hernández, quien siempre me aconsejó y me dio herramientas para poder realizar el estudio de la mejor manera posible.

Agradecer a los trabajadores de la constructora quienes la mayoría, se portaron amables y estuvieron atentos durante todo el proceso de investigación.

También agradecer a la Oficina de Ingeniería por permitirme realizar la investigación para el Tecnológico de Costa Rica y de este modo poder retribuir algo de lo tanto que me dio la Institución a lo largo de mi vida como estudiante.

Resumen ejecutivo

La presente investigación se llevó a cabo para la Oficina de Ingeniería del ITCR en el edificio Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC'S), ubicado en el campus central de la universidad, el objetivo principal de la investigación fue la determinación del costo de la mano de obra en actividades constructivas con ayuda del cálculo de rendimientos extraídos de campo. Para ello fue necesario primeramente identificar las actividades por estudiar, basado en algún criterio de selección que considere de peso.

Es así como se seleccionan las actividades de acuerdo al costo dado que la Oficina de Ingeniería considera este criterio como un factor de mayor importancia para la selección de actividades, haciendo uso de técnicas como el Diagrama de Pareto, clasificación A, B, C y Alfa, Beta, Gamma.

Estas clasificaciones se realizaron en dos oportunidades, a partir de las actividades que se estaban realizando en el momento de iniciar la investigación. Un primer análisis con el costo total de las actividades que se realizaban y así dar una idea de cuáles pueden ser las actividades que más importancia tengan y un segundo enfocado al nivel de avance de la obra basado en el costo de las actividades que se realizan pero con costo únicamente del nivel cinco y seis, debido a que era por donde iba el avance del proyecto cuando se inició la investigación.

La clasificación A, B, C se realiza a partir del Pareto y el porcentaje acumulado que este genera con respecto a su peso o porcentaje, a partir de ahí se clasifican en A, B o C. Por otra parte la clasificación Alfa, Beta, Gamma se lleva a cabo con la clasificación A, B, C y el nivel de criticidad, el cual se propone de una forma subjetiva con valores de 1 a 3. Cabe resaltar que estas clasificaciones se realizaron en dos ocasiones al igual que el Pareto.

Una vez se eligieron las actividades que se quieren estudiar, las cuales fueron, columnas-muros estructurales, vigas de concreto y entrepiso, se procede a realizar un muestreo de

trabajo a cada proceso que compone estas actividades, esto con el fin de medir la productividad, y poder analizar los factores que la afectan y hacen que los trabajadores no lleven a cabo las labores con más eficiencia. Cabe resaltar que se realizó un solo muestreo de productividad para cada proceso debido a problemas que se presentaron durante la elaboración del estudio.

Dentro de los resultados del análisis de productividad se pudo ver que las cuadrillas de trabajo son en algunos casos muy grandes lo que hace que no siempre todos los trabajadores se encuentren laborando y más bien tengan que esperar excesivamente para realizarlo, además las condiciones de seguridad del proyecto no fueron de muy alta calidad, ni se da un control muy riguroso lo que hace que los trabajadores se sientan inseguros y no desempeñen su trabajo de la mejor forma.

Por otra parte se pudo identificar más factores que afectan la productividad dentro de los que se puede mencionar el diseño de sitio, el cual fue suministrado por la Oficina de Ingeniería en el proceso de licitación, pero este no era muy efectivo, ya que las distancias de acarreo eran muy largas, lo que provocaba desorden, por ende se genera un problema. Además se cree que la elaboración de algunos procesos fue poca efectiva porque se creía que consume menos recursos, como por ejemplo, la fabricación de concreto en sitio y el acarreo con balde y grúa sin embargo el análisis dio datos que no son tan alentadores y por ende generan más costos que son cobrados al ITCR, ya que este proceso dio como resultados de productividad muy bajos y el tiempo se desperdicia la mayor parte del período de análisis, así como el uso de los recursos no es tan eficiente, por lo que se podría realizar un estudio más a fondo para ver si el concreto premezclado es una mejor opción.

Se realizó una encuesta a los trabajadores, maestros de obras, ingenieros y subcontratistas con el fin de que ellos expresaran cuales factores hacen que su trabajo sea menos

efectivo, dentro de los mencionados estuvo la mala seguridad laboral del proyecto, largas distancias de acarreo y falta de materiales y equipos lo que en muchos lapsos de tiempo se pudo notar que los afectó.

Para una identificación de los factores y causas que más afectan el desempeño de mano de obra también se realizó un diagrama de Ishikawa, el cual permite identificar las causas de una forma simple y de este modo poner atención o bien atacarlas.

Después del análisis de productividad se procedió a realizar el cálculo de rendimientos para los mismos procesos de las actividades seleccionadas. Se realizaron tres muestreos o mediciones para la mayoría de los procesos y en algunos casos dos como mínimo, de una forma aleatoria y a diferentes días y horas, para así buscar obtener un rendimiento representativo de la jornada laboral. A cada rendimiento se le calculó su media aritmética y esta media se afectó por el factor de tiempo muerto, el cual contempla los períodos de tiempo que el trabajador necesita para comer, descansar e ir al baño, además se les calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación el cual indica que tan desviados se encuentran los datos de la media y un valor de otro.

La mayoría de los rendimientos que se obtuvieron tuvieron un coeficiente de variación superior al 10% lo que implica que los datos se encuentran muy desviados o bien son datos extremos como indica la teoría, por lo que implicaba eliminarlos y buscar que los rendimientos fueran de valores similares entre ellos para evitar tanta desviación, sin embargo cabe resaltar que la media de los datos cuanto más cerca se encuentre de cero, provoca que la desviación se dispare, además las condiciones entre una medición y otra eran variables debido a que la conformación de las cuadrillas fue variable y las tareas que se realizaron no eran exactamente iguales, así como que cada trabajador realiza las tareas de forma diferente lo que provoca diferencias, y sin duda un factor importantísimo fue los largos tiempos de espera que se daban entre una tarea y otra lo que altera la cantidad de trabajo realizado al final del

proceso, es por esta razón que se justifica que los rendimientos no se eliminarán, además de que se debe alimentar y crear una base de datos.

Para cumplir con el último objetivo se procedió a colaborar en la realización una base de datos en Microsoft office Access 2013, la cual se realizó de forma conjunta con las compañeras Alejandra Padilla Bonilla y Kristell Sánchez Pereira debido a que se tenía como objetivo común y la Oficina de Ingeniería no necesita tres bases de datos diferentes sino una sola para consultarla cuando lo requiera. Cabe mencionar que algunos rendimientos de la base de datos no tienen validez estadística por lo que la idea es que se siga alimentando para obtener la validez necesaria para ser usada de la mejor forma por la Oficina de Ingeniería durante las órdenes de cambio.

Se concluyó que el diseño de sitio fue la principal causa de la baja productividad en algunos procesos, además la ubicación del proyecto afecta la calidad de la mano de obra, y la variación de las condiciones en el momento de realizar el trabajo es algo muy difícil de controlar porque en la empresa constructora no estandariza los procesos y cada proceso es realizado por personal diferente.

Introducción

La presente investigación se llevó a cabo en el edificio TIC'S del Tecnológico de Costa Rica, trabajando de parte de la consultoría que en este caso fue la Oficina de Ingeniería, se busca el cálculo de rendimientos para la obtención de costo de mano de obra y una medida de productividad para brindar pautas que permitan un mayor control sobre los recursos que se necesitan para llevar a cabo las labores en cada proceso, durante una orden de cambio, para futuros proyectos. El ITCR, podrá controlar mejor lo que se les cobra por concepto de mano obra, también poder regular más el consumo de los recursos y de este modo sacar conclusiones acerca de lo que afecta más y aumenta los costos. El costo de la mano de obra es de vital importancia para los proyectos de construcción debido a que representan gran parte del costo de los insumos generados para la elaboración de los procesos, con el cálculo del rendimiento se puede obtener este costo que permita dar una idea a la Oficina de Ingeniería si lo que se les cobra por ese concepto durante una orden de cambio, es cercano a la realidad o bien se cobra más de lo que es justo, pudiendo de este modo controlar el gasto y evitar el desperdicio de los fondos públicos.

Por otra parte, la productividad en la construcción hoy es un factor que muchas empresas constructoras dejan de lado y no lo ven como una prioridad para mejorar sus procesos constructivos y ahorrar recursos que pueden generar más ingresos y disminuir los gastos, pero para el ITCR significa un elemento primordial para mayor control de los insumos y que los procesos se vuelvan más óptimos. La teoría indica que una productividad normal es la que se encuentra entre rangos de 40% al 60% pero para poder lograrlo se debe poner especial cuidado en factores como el diseño de sitio o conformación de las cuadrillas, lo cual es información que se brinda al ITCR para mayor intervención en futuros proyectos.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el costo de la mano de obra en actividades constructivas con ayuda del cálculo de rendimientos extraídos de campo.

Objetivo específicos

- Identificar las actividades constructivas, sus procesos de la obra a intervenir y sus recursos.
- Medición de la productividad y cálculo de rendimientos en los procesos seleccionados.
- Identificar y analizar los factores que afectan la productividad de la mano de obra en la construcción.
- Colaborar en la elaboración de una base de datos que sirva de guía para el cálculo de costos de mano de obra de actividades específicas según sus características.

Alcances y limitaciones

- El alcance principal de esta investigación está enfocado al análisis de productividad y cálculo de rendimientos, así como la identificación de factores que afecten la productividad, además calcular rendimientos para colaborar en la obtención de una base de datos que permita el cálculo de costos de mano de obra.
- La selección de las actividades se basó en un diagrama de Pareto, clasificación A, B, C y Alfa, Beta, Gamma, de acuerdo a su costo y nivel de avance de la obra.
- Las actividades estudiadas fueron columnas-muros estructurales, vigas de concreto y entrepiso.
- Los rendimientos obtenidos se basaron en su mayoría en tres muestreos de campo y en algunos casos dos como mínimo.
- Se identificaron los factores que afectan la productividad de la mano de obra con el fin de obtener respuestas a los efectos negativos.
- A partir de los rendimientos se generó una base de datos en Microsoft office Access 2013 en forma conjunta con dos compañeras más, con la cual se podrán calcular costo de mano de obra y verificar si lo que se cobra por conceptos de recurso humano es lo justo en futuras licitaciones.
- Cuando se permitió realizar esta investigación en la Oficina de Ingeniería fue primeramente con la finalidad de contar con inspectores de campo que fueran residentes del proyecto por lo que se debía cumplir con un número mínimo de días y horas por semana a cambio de una remuneración.
- Los datos extraídos de campo, tanto de productividad y rendimientos pueden ser aplicables únicamente a edificaciones con características similares al edificio de TIC'S.
- Cuando se comenzó la investigación el proyecto llevaba un nivel de avance considerable lo que provocó que la selección de las actividades se basara en pocas actividades.
- Para el análisis de productividad no fue posible extraer más de un muestreo a partir de vídeos ni de forma manual en campo, debido a que la empresa constructora no permitió hacerlo más alegando que los trabajadores se sentían incómodos y acosados.
- Para analizar cada vídeo se debe invertir un tiempo considerable, ya que el vídeo se debe pausar cada quince segundos y observar que realiza cada trabajador, además cuanto mayor sea la cuadrilla implica más dedicación, conjuntamente al tener veinte procesos dificulto aún más por falta de tiempo.
- La encuesta realizada a los trabajadores no es representativa estadísticamente debido a que la empresa constructora no permitió realizar más entrevistas a los trabajadores argumentando que se les interrumpía sus labores lo que retrasaba su trabajo.

Marco teórico

En este apartado se busca dar una explicación de todos los de conceptos y términos utilizados para la realización de este proyecto. Estos están basados en investigaciones de autores que han generado conocimiento en los temas abarcados.

Principio de Pareto

De acuerdo con la profesora Ivannia Hasbum Fernández, (2016) este principio nació en el siglo XVIII gracias al Italiano Vilfredo Pareto por un estudio de la distribución de la riqueza de la población de Milán, con lo cual encontró que el 20% de la gente controlaba el 80% de la riqueza, y este se ha convertido en uno de los principios de mayor aplicación en la ingeniería industrial. El principio dice lo siguiente:

“En toda población, existen algunos pocos componentes cuyo valor o importancia es vital y muchos que no tienen tanto valor o importancia.”

“El principio dice que el 20% de una acción producirá el 80% de los efectos, mientras que el 80% restante sólo origina el 20% de los efectos.” (Distribución central, 2012)

Sistema de control A,B,C

El método de clasificación A, B, C tiene como objetivo la clasificación de los materiales, y el simplificar el control de los mismos, poniendo más atención a aquellos materiales o componentes que tienen mayor valor y darle menos atención a aquellos que no son tan importantes. Para este caso se aplicó a actividades de construcción para una selección de las más críticas. Esta técnica puede ser usada en combinación con el principio de Pareto definiendo que el 20% de las actividades

representan el 80% del valor total de las existencias y que el 80% de las actividades representan el 20% del valor total. Por lo tanto las actividades que tienen el 80% del costo se denominan actividades tipo A y sobre ellas se debe ejercer un estricto control. El 80% de las actividades restantes se puede dividir en 30% que se denominan tipo B (atención media) y el 50% restante tipo C no requieren demasiada atención. (Hasbum, 2016)

Sistema de control Alfa, Beta, Gamma

Para esta clasificación se necesita una matriz donde se indica la clasificación A, B, C y un nuevo parámetro llamado criticidad, el cual es un valor subjetivo que va de un rango de 1 a 3, en donde 1 es lo más crítico y 3 lo menos crítico. Con estos dos parámetros se puede realizar los cruces de datos con la clasificación A, B, C y criticidad por medio del cuadro 1 que se representa más adelante. La clasificación del tipo Alfa será la de mayor importancia mientras que la Gamma la de menos relevancia. (Hasbum, 2016)

Criticidad	A	B	C
1	Alfa	Alfa	Alfa
2	Alfa	Beta	Beta
3	Alfa	Beta	Gamma

Cuadro 1. Matriz de clasificación Alfa, Beta, Gamma. Fuente: (Hasbum, 2016)

De esta manera se necesita la clasificación A, B, C con anterioridad para poder clasificar las actividades.

Estudio del trabajo

“El estudio del trabajo se define como la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempos permisibles para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.” (M. del Rocío Quesada, W Villa, 2007)

Por lo tanto se puede concluir que es una evaluación de los métodos que se utilizan para realizar actividades, con el objetivo de optimizar el uso de recursos para así constituir estándares del rendimiento respecto a las actividades que se lleven a cabo y lo que se pretende es un incremento de la productividad dentro del ambiente laboral.

Actividad constructiva

Son un conjunto de operaciones que forman parte de un proyecto de construcción y que para mayor orden se clasifican de acuerdo a sus características, por ejemplo operación de hincado de pilotes, operación de paredes de mampostería, etc. (Leandro Hernández, 2015)

Proceso

Es la realización de un conjunto de tareas que se llevan a cabo con una secuencia lógica y que consumen recursos de mano de obra, equipos y materiales. (Leandro Hernández, 2015)

Tarea

Dentro de la jerarquía de la construcción es la acción más simple pero necesaria de realizar y en forma conjunto completan un proceso. (Leandro Hernández, 2015)

Conceptos de productividad

Productividad

“La productividad se define como la efectividad con que los recursos están siendo manejados y sirven de soporte para realizar la obra, con el mejor costo y menor tiempo posible.” (Leandro Hernández, 2015)

Se puede concluir que la productividad es una relación entre la unidad de trabajo realizado y los insumos necesarios para llevar a cabo la actividad que se quiere ejecutar, con lo que se busca un menor costo y una menor duración sin sacrificar la calidad del producto.

Tiempo productivo

Es aquel lapso de tiempo en el cual por medio de actividades humanas se producen bienes o servicios, esto genera un valor de ingresos y produce desarrollo económico consumiendo la mínima cantidad de recursos, produciendo lo más posible. (Leandro Hernández, 2015)

Tiempo improductivo

Se define como un tiempo que no le añade ningún valor al trabajo realizado, por lo cual no genera ingresos económicos. (Leandro Hernández, 2015)

Tiempo contributivo

El tiempo contributivo es aquel tiempo que se invierte en la realización de una actividad pero esta acción no le genera nada a la actividad pero se necesita para poder llevar a cabo la tarea. (Leandro Hernández, 2015)

Factores que afectan la productividad

En el siguiente apartado se expondrán algunos de los factores que pueden afectar la productividad o bien afectan el bajo rendimiento de acuerdo con el autor Luis Fernando Botero Botero (2012)

1. Economía general: Este factor se refiere al estado de la nación o el área

- específica en donde se desarrolla el proyecto.
2. Aspectos laborales: Existe una relación importante entre la productividad de la mano de obra y las condiciones laborales en que se realiza el proyecto. La disponibilidad de personal experto y capacitado en la zona donde se realizan los trabajos o la necesidad de desplazar personal de otros sitios con condiciones de pago algunas veces diferentes a las de la zona, son aspectos muy importantes a tener en cuenta. Dentro de los factores a considerar están el tipo de contrato, sindicalismo, incentivos, salarios o pago a destajo entre otros.
 3. Clima: Los antecedentes del estado del tiempo en el área que se construye el proyecto deben ser considerados, tratando de prever las condiciones durante el período de ejecución de la obra. Factores que afectan como el estado del tiempo, temperatura, condición del suelo y cubierta.
 4. Tipo de actividad: Las condiciones específicas de la actividad por realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma, los medios para realizarla y el entorno general de la obra, son aspectos que pueden afectar los rendimientos de la mano de obra. Los principales factores dentro de esta categoría son los siguientes: grado de dificultad, riesgo, discontinuidad, orden y aseo, actividades predecesoras entre otras.
 5. Equipamiento: Disponer del equipo apropiado para la realización de diferentes actividades, su estado general, su mantenimiento y la reparación oportuna, afectan el rendimiento de la mano de obra. Dentro de los factores que

afectan esta categoría están la calidad, estado y mantenimiento de la herramienta y el equipo, suministro y elementos de protección.

6. Supervisión: La calidad y experiencia del personal utilizado en la supervisión de las operaciones en la obra, influye considerablemente en la productividad esperada. Los factores que deben tenerse en cuenta en esta categoría son los siguientes: Criterios de aceptación, instrucciones, seguimiento, supervisión, gestión de calidad.
7. Trabajador: Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. Los factores que se incluyen en esta categoría, son: situación personal, ritmo personal, habilidad, conocimiento, desempeño y actitud hacia el trabajo.

Medida de productividad

La intención de medir productividad es porque se quiere investigar los indicadores relativos de la efectividad con que una empresa constructora ha venido o consume sus recursos con el fin de alcanzar resultados deseados. Autores como Oglesby, Parker & Howell (1988), han hecho investigaciones en el ámbito de la productividad en construcción llegando a investigaciones con niveles de confianza del 95% donde indican la proporcionalidad de productividad en actividades normales con un rango entre el 40% y el 60%, con posibilidad de 50% al 50%. A partir de la figura 1 que se muestra a continuación se puede determinar la cantidad de mediciones mínima que se debe hacer, para respetar los límites de error permisibles.

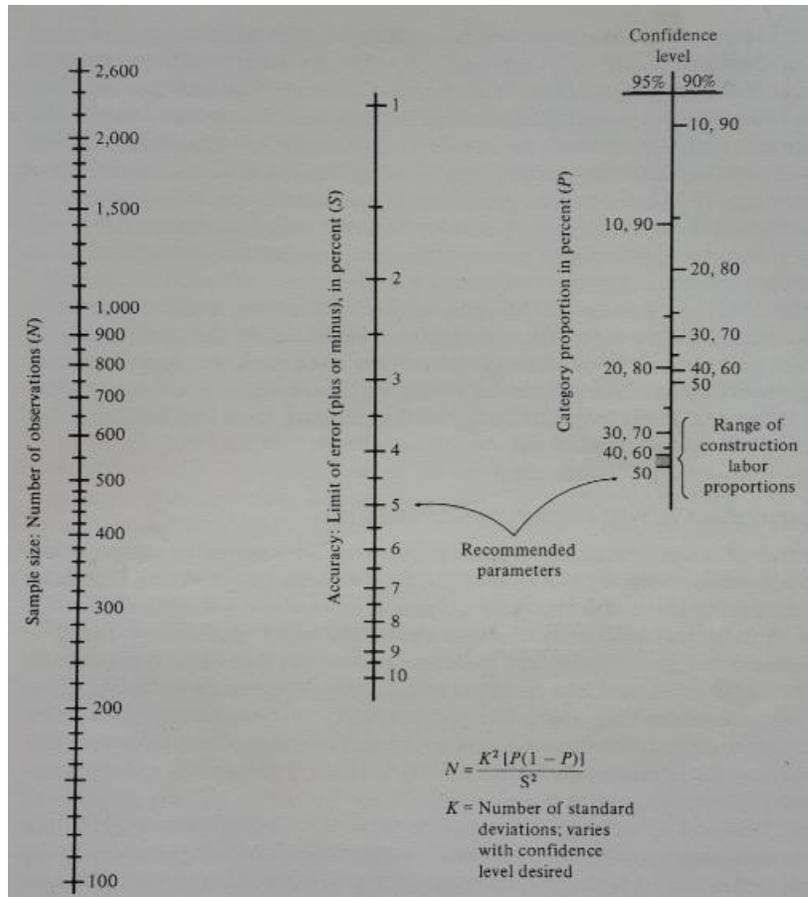


Figura 1. Nomograma de muestras requeridas para un nivel de confianza el 95%.
Fuente: (Oglesby, Parker, & Howell, 1988)

Conforme a la información anterior se establece que la cantidad de mediciones mínima para cada proceso debe ser de 384 con un rango de productividad indicado.

Técnicas de medición de productividad

Para medir la productividad se utilizó la técnica cuantitativa Crew balance, la cual da resultados numéricos que permiten analizar acerca de cómo está la productividad de una cuadrilla y cómo está distribuida en el proceso analizado.

Crew balance

“El análisis de operaciones por medio de un Crew balance ha sido empleado por muchos años en la

ingeniería industrial, para estudiar la eficiencia de las combinaciones hombre-máquina. En esta oportunidad se mostrara su aplicabilidad en la industria de la construcción, gracias a los análisis realizados en un proyecto de construcción de edificios.

El Crew balance permite resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada; además, permiten comentar el método usado y determinar la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla. También, con la utilización de esta herramienta, se consigue importante información para un análisis de rendimientos.” (Alfredo Serpell, 2002)

Conceptos de estadística

De acuerdo con (Salinas, 2010, Morosini 2012, Calderón, 2012 y Minitab, 2016) en estadística existen conceptos básicos y definiciones necesarios para la realización de investigaciones como la que se realizó, por lo cual se busca explicar los conceptos utilizados.

- a) Estadística descriptiva: Es un conjunto de metodologías usadas para la recolección de datos y estos se puedan organizar en forma de tablas y gráficos, además incluye medidas estadísticas y de variabilidad. (Salinas, 2010)
- b) Población: Se define como el conjunto de individuos de los cuales queremos extraer información y por lo general es de gran tamaño. (Salinas, 2010)
- c) Muestra: Es el subconjunto de la población al que se tiene acceso y con el cual se trabaja y se realizan observaciones, este debe ser representativo de la población. (Salinas, 2010)
- d) Media: Conocido como media aritmética o promedio y es la suma de todos los valores de estudio dividido entre el tamaño de la muestra. (Salinas, 2010)
- e) Coeficiente de variación: El coeficiente de variación es una medida de dispersión que describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. Puesto que el coeficiente de variación no se basa en unidades, se puede utilizar en lugar de la desviación estándar para comparar la dispersión de los conjuntos de datos que tienen diferentes unidades o diferentes medias. (Minitab, 2016)
- f) Varianza: Es una medida de variabilidad que da cuenta del grado de homogeneidad de un grupo de observaciones. (Morosini, 2012)
- g) Desviación estándar: La desviación estándar o desviación típica (σ) es una medida de centralización o dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. Se define como la raíz cuadrada de la varianza. Junto con este valor, la desviación típica es una medida (cuadrática) que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética,

expresada en las mismas unidades que la variable. (Calderón, 2012)

Conceptos de rendimiento de mano de obra

Según Luis Fernando Botero Botero (2002) docente y arquitecto constructor, define el rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/ HH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).

El profesor Milton Sandoval Quirós (2013) define el rendimiento como el tiempo que requiere un trabajador especializado o no, para realizar una labor determinada el cual se puede expresar en horas hombre, horas operario, horas ayudante, horas peón u horas equipo.

Por lo cual se puede concluir que el rendimiento es el lapso de tiempo que necesitan los trabajadores para poder realizar cierta cantidad de trabajo, todo en virtud de la unidad de medida que se utiliza para calcular esa cantidad de trabajo realizado, llámese m^2 para área, m^3 para volumen o bien kg para peso de acero, el cual se mide en horas hombre entre la unidad de medida de la actividad llevada a cabo.

Fórmula de cálculo de rendimiento

De acuerdo con el profesor Milton Sandoval Quirós (2013), para el cálculo del rendimiento se puede seguir el siguiente procesamiento.

Primeramente se debe calcular las horas hombre por actividad, la cual se hace la siguiente manera.

$$HH = t * \# \text{ operarios} + t * \# \text{ ayudantes} + t * \# \text{ peones} \text{ (Ecuacion 1)}$$

Donde:

t = tiempo en horas

Una vez hecho el cálculo de la cantidad de horas hombre para determinado proceso se puede calcular el rendimiento de la siguiente forma.

$$Ri = \frac{HH}{Ci} \text{ (Ecuacion 2)}$$

Donde:

Ri = Rendimiento de la medida i
 HH = Horas hombre
 Ci = Cantidad de trabajo

El cálculo de los rendimientos debe hacerse a diferentes horas, días y condiciones para que se tenga una validez de los datos, ya que si se hace sólo una vez este muestreo no va ser representativo de las jornadas laborales, ya que no es lo mismo un rendimiento un lunes en la mañana que un viernes en la tarde, por lo cual la siguiente ecuación permite promediar las mediciones hechas a lo largo de las jornadas analizadas.

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} \text{ (Ecuacion 3)}$$

Donde:

\bar{R} = Rendimiento promedio
 $\sum Ri$ = Sumatoria promedio
 n = Numero de muestreos realizados

Dentro de las jornadas laborales hay tiempo de ocio, de comida o descanso, esto de acuerdo como cada persona lo quiera tomar, por lo cual el rendimiento contempla un factor de tiempo muerto donde se contabilizan los momentos del día que no son productivas y se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Tm = \frac{Tim}{(Hb - Tim)} \text{ (Ecuacion 4)}$$

Donde:

Tm = Factor de tiempo muerto
 Tim = Horas improductivas
 Hb = Jornada de trabajo diaria en horas

Una vez calculado el factor de tiempo muerto se puede obtener el rendimiento final del

proceso analizado basado en la siguiente ecuación.

$$R = \bar{R} * (1 + Tm) \text{ (Ecuacion 5)}$$

Donde:

\bar{R} = Rendimiento promedio
 Tm = Factor de tiempo muerto

Para saber que tan desviados se encuentran los datos a partir de su media o promedio se calculó la desviación estándar basado en la siguiente formula.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(Ri - \bar{R})^2 + (Rii - \bar{R})^2 + (Riii - \bar{R})^2}{n}} \text{ (Ecuacion 6)}$$

Donde:

σ = Desviación estándar
 \bar{R} = Rendimiento promedio
 Ri = Rendimiento de la medición i
 n = Numero de muestreos realizados

Una vez se tienen la media y la desviación estándar se puede calcular el coeficiente de variación lo que indica el porcentaje de desviación estándar del valor de la media aritmética.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{R}} \text{ (Ecuacion 7)}$$

Donde:

σ = Desviación estándar
 \bar{R} = Rendimiento promedio

Base de datos

De acuerdo con la página de internet oficial de Microsoft: "Microsoft Office Access significa mucho más que una forma de crear bases de datos de escritorio. Es una herramienta fácil de usar que permite crear rápidamente aplicaciones de base de datos basadas en el explorador que le ayudarán a llevar su negocio. Los datos se almacenan automáticamente en una base de datos SQL, por lo que están mejor protegidos. Además, puede compartir fácilmente las

aplicaciones con los compañeros de trabajo”
(Microsoft, 2016)

Metodología

Generalidades

El estudio se realizó en el Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y Comunicación TIC'S ubicado en el campus central del TEC, el cual es desarrollado por la empresa constructora Estructuras S.A., con financiamiento del Banco Mundial para el mejoramiento de la educación superior universitaria, este proyecto es parte de uno de los proyectos más grandes desarrollados por el TEC, el cual se compone también del

Núcleo Integrado de Seguridad (ISLHA) que se realiza en forma conjunta.

TICS es un edificio de seis niveles donde el sexto nivel es una azotea de techo y cuenta con un área aproximada de 7564 m². Es un edificio en su mayoría en concreto estructural, con algunas partes en mampostería.

Este proyecto pretende dotar de un espacio para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica, así como establecer un centro de comunicación que servirá para que la institución se conecte con la tecnología y el mundo globalizado.



Figura 2. Proyecto Núcleo integrado de información y comunicación (TICS)

La base para una mejor comprensión de los conceptos está en una explicación clara y concisa de lo que se quiere realizar, por lo cual la siguiente sección busca dar una explicación de la metodología utilizada para realizar el análisis de productividad y obtención de rendimientos.

Descripción y lugar del estudio

Para la realización del estudio y análisis de productividad y cálculo de rendimientos se pidió la oportunidad a la Oficina de Ingeniería y ellos accedieron, pidiendo que se colaborara con datos de campo relacionados con los costos de mano de obra del proyecto debido a que durante la licitación de proyectos, no cuentan con datos confiables que los ayude a tener una idea clara de lo que se les cobra por determinada actividad,

por lo que se pretende tener datos de respaldo para que cuando se licite alguna edificación puedan ser los más cercano y certero a la realidad y no se incurra en un gasto excesivo, por lo que se propone realizar un estudio para la obtención de rendimientos de los diferentes procesos que conforman una actividad constructiva y a partir de ahí poder tener datos de campo confiables que ayuden al cálculo de costos de mano de obra y que esta no se realice de forma aproximada en proyecto venideros.

Por su parte se realizó la medida de productividad con el fin de investigar cómo se maneja el recurso humano y observar en que tanto influye la mano de obra en el manejo de los recursos, además se busca portar información al proyecto de investigación de productividad en la construcción que realiza Ana Grettel Leandro Hernández.

Debido al nivel de avance que el edificio llevaba en el momento de comenzar el estudio, se debió hacer una selección de las actividades basándose en costos y técnicas que justifiquen la elección de los procesos a monitorear.

Selección de actividades

Antes de comenzar con el análisis de los datos se debió realizar una elección de las actividades a estudiar, con el fin de tener una justificación que respalde la investigación realizada.

La selección de las actividades se basó en un análisis del principio de Pareto, clasificación A, B, C y clasificación Alfa, Beta, Gamma, así como se consultó a expertos acerca de las actividades en las que más problemas han tenido a lo largo del proyecto. Para aplicar Pareto y las técnicas mencionadas anteriormente, el análisis se basó en el costo de las actividades como el parámetro de clasificación. El costo de cada actividad se extrajo de la oferta presentada por la empresa constructora a la Oficina de Ingeniería durante el proceso de Licitación Internacional.

La Oficina de Ingeniería cuenta con un formato de tabla de pagos en la cual clasifica los costos de cada actividad para un mayor control a lo interno del departamento, por lo cual se basó en esta tabla para extraer los datos de los costos.

Una vez que se contó con los costos de las actividades de acuerdo a lo explicado anteriormente se procedió a realizar un análisis por medio del diagrama de Pareto, el cual afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, sólo unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto, con lo cual se pretende realizar una distribución para la organización de datos en forma de que queden en orden descendente, de izquierda a derecha de acuerdo al nivel de importancia de cada dato analizado.

Inicialmente el análisis de Pareto se pretendía realizar tomando en cuenta las actividades más lucrativas que forman parte del edificio de TIC'S, sin embargo se tomaron únicamente actividades que se estaban realizando en el momento de iniciar el estudio y de ahí se realizó una selección preliminar que diera una idea de cuáles pueden ser las acciones que más peso le generen al proyecto económicamente hablando.

Luego de que se realizara una selección preliminar incluyendo el costo total de las actividades que se realizaban en el momento de iniciar, se procedió a realizar un análisis de Pareto pero esta vez enfocado al nivel de avance que el proyecto llevaba el proyecto, llámese nivel al número de pisos que contaba completamente construidos a la fecha.

Cabe decir que en el momento de iniciar el proyecto llevaba un porcentaje de avance aproximado del 60% y su obra gris alcanzaba el quinto nivel de seis en construcción, por lo que las labores eran escasas y había que adaptarse a lo que el proyecto brindara en ese momento. Otra consideración fue que el proyecto caminaba de una manera muy rápida y su grado de avance fue una limitación para seleccionar actividades, ya que cuando se quería estudiar determinada actividad ya las labores habían sido realizadas o bien no se había iniciado, lo que dificultó de gran manera la selección y se tomó en consideración, estudiar sólo las que se estaban realizando.

Una vez realizado el Diagrama de Pareto se procedió a catalogar de acuerdo con la clasificación A, B, C, donde se debe sacar el porcentaje equivalente del costo de las actividades en estudio, una vez realizado esto se

procede hacer una acumulación de porcentajes hasta que en la sumatoria se alcance el 100%.

Una vez obteniendo los porcentajes acumulados se procede con la clasificación A, B, C de acuerdo a lo que se indica en la teoría.

Una vez que esté lista la clasificación anterior se debe realizar la categorización Alfa, Beta, Gamma, donde el primer paso a seguir es la de dar valores de criticidad a cada actividad de forma subjetiva en un rango de 1 a 3, de acuerdo a lo que se crea que es más crítico para el proyecto, donde un 1 significa que es indispensable, un 2 importante, y el 3 no necesario. El paso a seguir es el de la creación de la matriz de Alfa, Beta, Gamma con el objetivo de obtener una visión selectiva de la importancia de cada actividad. Cabe decir que esta matriz siempre será igual y que se deben hacer cruces entre la criticidad asignada a cada actividad y la clasificación A, B, C obtenida anteriormente. Además la clasificación A, B, C y Alfa, Beta, Gamma se realizó para los dos Paretos que se realizaron inicialmente.

Basado en esta clasificación se pudo hacer una selección de las actividades que más peso representa para el proyecto de construcción y por ende fueron las que se estudiaron.

Las actividades están conformadas por procesos los cuales están compuestos a su vez de tareas que se deben realizar para llevar a cabo la actividad.

Para dar una mayor explicación de lo que es un proceso se especificarán cuáles fueron las actividades seleccionadas, los procesos que la conforman y sus respectivas tareas.

Actividad 1.0. Columnas y muros estructurales

La actividad uno en estudio fue columnas y muros estructurales, los cuales se realizan de forma conjunta o integral para dar un mayor soporte a la edificación. Las columnas y muros son de tamaños variables sin embargo para poder hacer un estudio con mayor exactitud y facilidad se seleccionó un muro y columna en específico, tal y como se representa en la figura 3, donde se observaron todos y cada uno de los procesos que conforman esta actividad desde que se arma la estructura de acero hasta el momento del desencofrado después del colado.

Conformación de las actividades

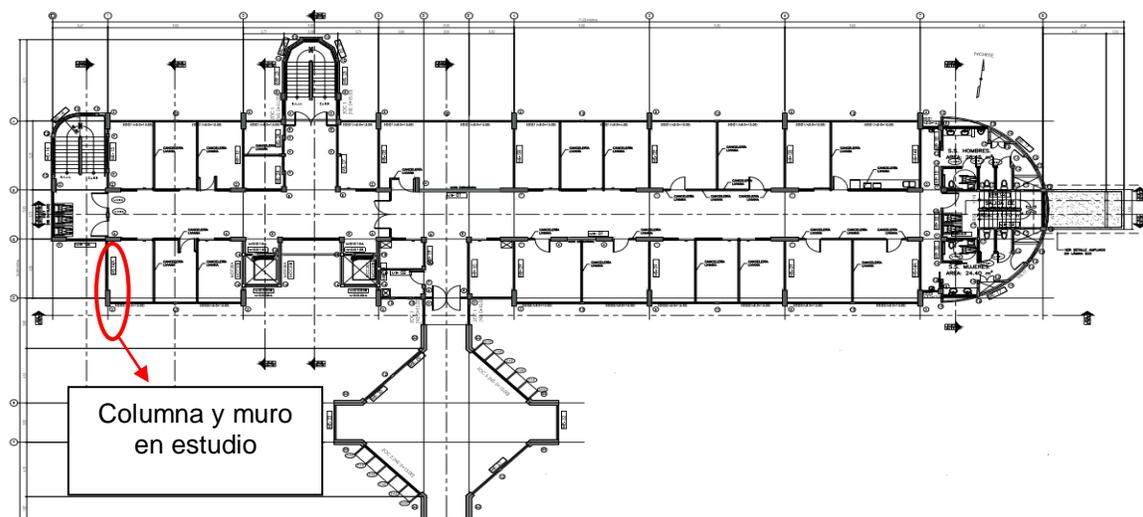


Figura 3. Planta estructural de columnas y muros estructuras edificio TIC'S.
Fuente: (Oficina de Ingeniería, 2016)

Como se representó en figura 3 el círculo rojo indica cuál fue la columna y muro que se estudió,

pero en la figura 4 se especifica las dimensiones y características de la columna en estudio.

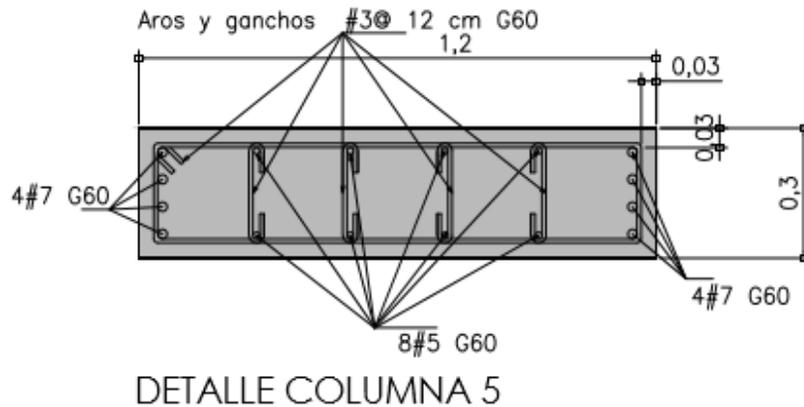


Figura 4. Columna tipo 5 en estudio del edificio TIC'S.
Fuente: (Oficina de Ingeniería, 2016)

Por otra parte el muro estructural tiene las siguientes características con una longitud de 3,9 metros, tal y como se especifica en la figura 5.

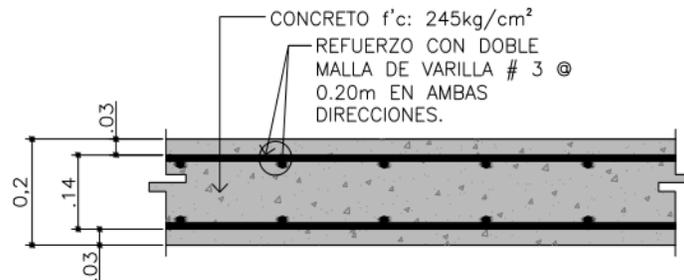


Figura 5. Muro estructural tipo MCC20B en estudio del edificio TIC'S.
Fuente: (Oficina de Ingeniería, 2016)

Por otra parte para explicar mejor cómo se analizó cada proceso y qué tareas conforman, a continuación se mostrará una lista que explica qué se tomó en cuenta para el análisis de cada proceso.

Proceso 1.0. Confección de armadura para columnas. Este proceso se basa en la elaboración de aros y ganchos en un cuarto de

armadura, así como el corte y doblado de varillas en general. Las varillas cortadas así como los aros y ganchos doblados siempre fueron #3. En este proceso se realizan las siguientes tareas.

Tarea 1.1. Transporte de varilla al banco de corte

Tarea 1.2. Medición de varillas

Tarea 1.3. Corte de varillas

Tarea 1.4. Transporte varillas al banco de doblado
Tarea 1.5. Doblado de varillas

Tarea 1.6. Transporte de varillas al lugar de almacenaje.



Figura 6. Cuarto de armadura del proyecto TIC'S.

Proceso 2.0. Armado de la estructura de columna. Este proceso consiste en armar la columna tanto con su acero longitudinal como transversal, incluye colocación de aros, ganchos así como realización de traslapes de acero longitudinal. El acero longitudinal colocado fue #7 y #5, mientras que el transversal fueron aros y ganchos #3. La siguiente lista de tareas especifica las labores que se realizan.

Tarea 2.1. Transporte de acero de refuerzo al lugar de trabajo

Tarea 2.2. Armar andamio

Tarea 2.3. Colocación de acero de refuerzo longitudinal

Tarea 2.4. Colocación de acero de refuerzo transversal (aros y ganchos)

Tarea 2.5. Desarmar andamio



Figura 7. Armado de la estructura de columna del proyecto TIC'S.

Proceso 3.0. Armado de la estructura de muro estructural. Este proceso consiste en armar el muro estructural tanto su acero longitudinal como transversal que en ambas direcciones fue #3, así como realización de traslapes de varillas. La siguiente lista de tareas especifica las tareas que se realizan.

Tarea 3.1. Transporte de acero de refuerzo al lugar de trabajo

Tarea 3.2. Armar andamio

Tarea 3.3. Colocación de acero de refuerzo longitudinal (vertical)

Tarea 3.4. Colocación de acero de refuerzo transversal (horizontal)

Tarea 3.5. Desarmar andamio



Figura 8. Armado de la estructura de muro del proyecto TIC'S.

Proceso 4.0. Colocación de formaleta. Esta actividad consiste en la colocación de paneles de formaleta de diferentes tamaños pero que en su mayoría fueron de 0.60 x 2.44 metros de la marca Harsco, cubriendo el área del elemento, una vez que se colocan los paneles y se aseguran, se procede a colocar puntales para dar una mayor estabilidad durante el colado. La siguiente lista de

tareas indica qué se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 4.1. Transporte de formaleta al lugar de armado

Tarea 4.2. Colocación de desmoldante

Tarea 4.3. Colocación de formaleta

Tarea 4.4. Colocación de ties en formaleta

Tarea 4.5. Colocación de puntales



Figura 9. Colocación de formaleta en el proyecto TIC'S.

Proceso 5.0. Fabricación de concreto. Este proceso se realiza con ayuda de una batidora con una capacidad de 0.4 m³, a la cual se le dosifica arena y piedra con ayuda de un back hoe. El concreto es trasladado al lugar de colado con ayuda de un balde de capacidad de 0.5 m³ y grúa torre. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 5.1. Acarreo y dosificación de piedra

Tarea 5.2. Acarreo y dosificación de arena

Tarea 5.3. Acarreo y dosificación de cemento

Tarea 5.4. Mezclado

Tarea 5.5. Vaciado de concreto en balde

Tarea 5.6. Acarreo de concreto en grúa torre al lugar de colado



Figura 10. Fabricación de concreto en el proyecto TIC'S.

Proceso 6.0. Colado de concreto. El colado se realiza con ayuda de un balde de una capacidad de 0.5 m³ y grúa torre el cual es transportado de la batidora de capacidad de 0.4 m³ hacia la columna o muro y manipulado con ayuda de una cuadrilla dedicada al colado y acomodo de concreto de

elementos. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 6.1. Acarreo de concreto en balde al lugar de vaciado

Tarea 6.2. Vaciado de concreto en columna y muro estructural

Tarea 6.3. Acomodo y vibrado de concreto



Figura 11. Colado de concreto en el proyecto TIC'S.

Proceso 7.0. Desencofrado. Esta acción se realiza una vez el concreto ha fraguado y desarrollado parte de su resistencia, por lo general se realizó al día siguiente de colado el elemento y consiste en quitar todos los puntales y paneles de formaleta que se colocaron en el proceso de colocación de formaleta. La siguiente lista de tareas indica qué se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 7.1. Aflojar puntales

Tarea 7.2. Quitar puntales

Tarea 7.3. Transporte de puntales al lugar de almacenaje

Tarea 7.4. Aflojar paneles de formaleta

Tarea 7.5. Quitar paneles de formaleta

Tarea 7.6. Transporte paneles de formaleta al lugar de almacenaje

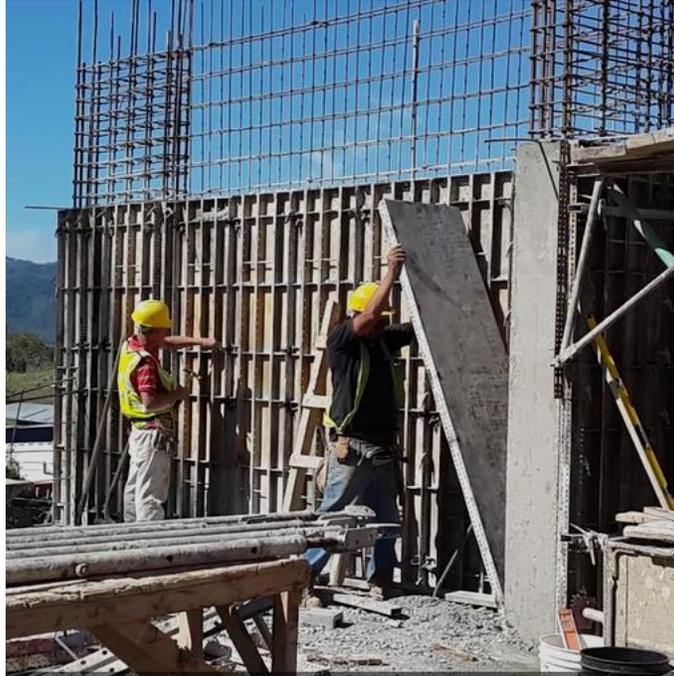


Figura 12 Desencofrado de columna y muro en el proyecto TIC'S

Actividad 2.0. Vigas de concreto

La actividad dos fue la de vigas de concreto estructural, en la cual se buscó que fuera al igual que la columna y muro estructural, una sola viga para poder analizar todos los procesos que la componen.

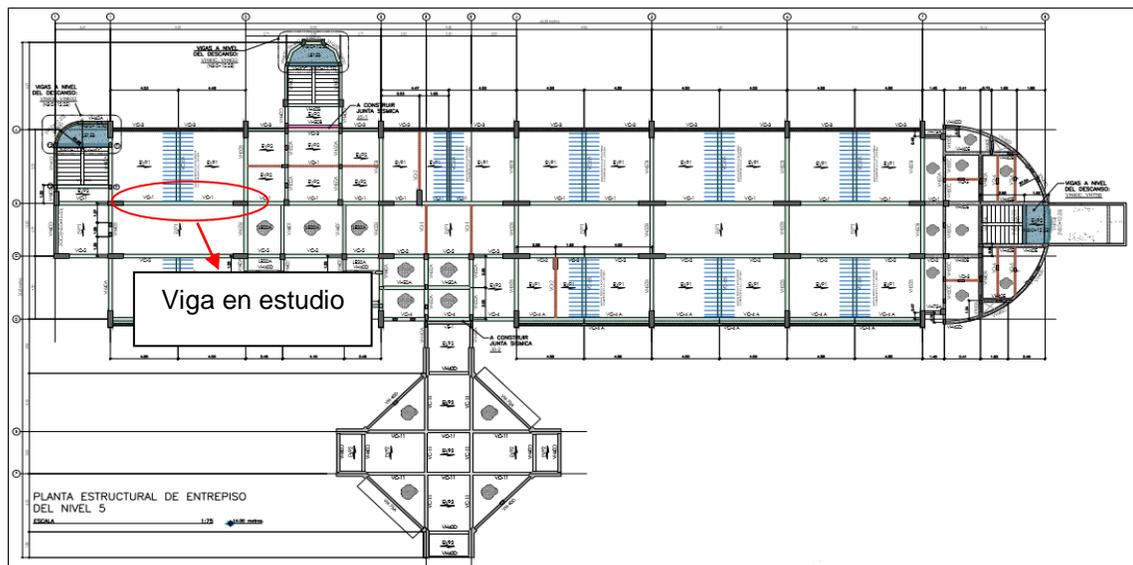


Figura 13. Viga tipo VC-1 en estudio del edificio TIC'S.
Fuente: (Oficina de Ingeniería, 2016)

Como se pudo representar y ver en figura 5 el círculo rojo indica cual fue la viga que se estudió.

La viga tiene dimensiones que se especifican en la siguiente figura.

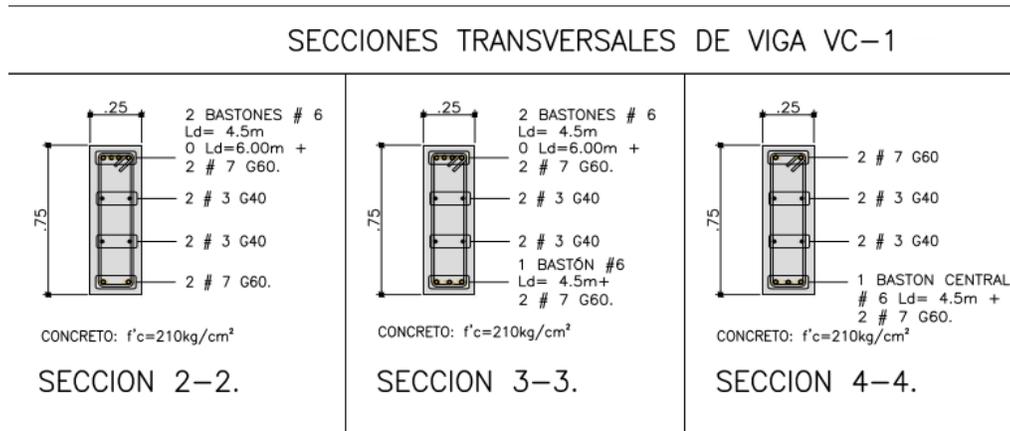


Figura 14. Detalle de secciones de viga tipo VC-1 en estudio del edificio TIC'S.
Fuente: (Oficina de Ingeniería, 2016)

La viga cuenta con tres secciones trasversales diferentes esto para evitar la flexión y cortante que se da con mayor fuerza en algunas zonas, la viga se encuentra entre los ejes 1 y 2 y tiene las secciones descrita anteriores.

La siguiente lista indica cuales fueron los procesos analizados, que contiene cada proceso y que se tomó en cuenta para el análisis.

Proceso 1.0. Colocación de formaleta base. Este proceso consiste en la colocación de una base de puntales para sostener el claro libre de la viga, además se colocan tensores que son varillas que se amarran a los puntales en forma de arriestre

para dar mayor capacidad a los puntales. Una vez colocado todo lo descrito anteriormente se procede a colocar los paneles de formaleta sobre los puntales con dimensiones de 0.25 x 2.44 metros. La siguiente lista de tareas especifica las tareas que se realizan.

- Tarea 1.1. Transporte de puntales al lugar armado
- Tarea 1.2. Armado de puntales
- Tarea 1.3. Colocación de tensores
- Tarea 1.4. Colocación de viguetas de madera
- Tarea 1.5. Colocación de panel de formaleta inferior



Figura 15. Colocación de formaleta base en el edificio TIC'S.

Proceso 2.0. Confección de armadura para vigas. Este proceso se basa en la elaboración de aros y ganchos en un cuarto de armadura, así como el corte y doblado de varillas en general. La varilla que se utilizó para corte y doblado siempre fue #3. En este proceso se realizan las siguientes tareas.

Tarea 2.1. Transporte de varilla al banco de corte

Tarea 2.2. Medición de varillas

Tarea 2.3. Corte de varillas

Tarea 2.4. Transporte varillas al banco de doblado

Tarea 2.5. Doblado de varillas

Tarea 2.6. Transporte de varillas al lugar de almacenaje.



Figura 16. Cuarto de armadura del edificio TIC'S.

Proceso 3.0. Armado de la estructura de viga. Este proceso consiste en armar la viga tanto su acero longitudinal como transversal, incluye colocación de aros así como la realización de traslapes de acero longitudinal. El acero longitudinal colocado fue #3, #6 y #7 mientras que el transversal fue #3. La siguiente lista de tareas especifica las tareas que se realizan.

Tarea 3.1. Transporte de acero de refuerzo al lugar de trabajo.

Tarea 3.2. Colocación de acero refuerzo longitudinal

Tarea 3.3. Colocación de acero de acero de refuerzo transversal (aros).



Figura 17. Armado de la estructura de viga en el edificio TIC'S.

Proceso 4.0. Colocación de formaleta lateral. Este proceso consiste en la colocación de paneles de formaleta de diferentes tamaños, en general fueron de 0.6 x 2.44 metros, cubriendo el área del elemento, una vez que se colocan los paneles, se aseguran para dar una mayor estabilidad durante el colado. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

- Tarea 4.1. Transporte de formaleta al lugar de armado
- Tarea 4.2. Colocación de angulares
- Tarea 4.3. Colocación de desmoldante
- Tarea 4.4. Colocación de formaleta horizontal
- Tarea 4.5. Colocación de ties
- Tarea 4.6. Colocación de puntales



Figura 18. Colocación de formaleta lateral para viga en el edificio TIC'S.

Proceso 5.0. Fabricación de concreto. Este proceso se realiza con ayuda de una batidora con una capacidad de 0.4 m³, a la cual se le dosifica arena y piedra con ayuda de un back hoe. El concreto es trasladado al lugar de colado con ayuda de un balde de capacidad de 0.5 m³ y grúa torre. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

- Tarea 5.1. Acarreo y dosificación de piedra
- Tarea 5.2. Acarreo y dosificación de arena
- Tarea 5.3. Acarreo y dosificación de cemento
- Tarea 5.4. Mezclado
- Tarea 5.5. Vaciado de concreto en balde
- Tarea 5.6. Acarreo de concreto en grúa torre al lugar de colado



Figura 19. Fabricación de concreto para viga en el edificio TIC'S.

Proceso 6.0. Colado de concreto. El colado se realiza con ayuda de un balde de capacidad de 0.5 m³ y grúa torre el cual es transportado de la batidora hacia la viga, manipulado con ayuda de una cuadrilla dedicada al colado y acomodo de concreto en los elementos. La siguiente lista de

tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 6.1. Acarreo de concreto en balde al lugar de vaciado

Tarea 6.2. Vaciado de concreto en viga

Tarea 6.3. Acomodo y vibrado de concreto



Figura 20. Colado de concreto para viga en el edificio TIC'S.

Proceso 7.0. Desencofrado. Esta acción se realiza una vez el concreto ha fraguado y desarrollado parte de su resistencia, por lo general se realizó veinte días después de colado el elemento y consiste en quitar todos los puntales y paneles de formaleta que se colocaron en el proceso de colocación de formaleta tanto lateral como formaleta base. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 7.1. Aflojar puntales

Tarea 7.2. Quitar puntales

Tarea 7.3. Transporte de puntales al lugar de almacenaje

Tarea 7.4. Aflojar paneles de formaleta

Tarea 7.5. Quitar paneles de formaleta

Tarea 7.6. Transporte paneles de formaleta al lugar de almacenaje



Figura 21. Desencofrado de viga en el edificio TIC'S.

Actividad 3.0. Entrepiso

La actividad tres fue la de entrepiso, en esta actividad no se pudo realizar, lo que sí se hizo con las actividades anteriores de seleccionar un solo elemento y estudiarlo a fondo. En esta actividad se tuvieron problemas debido a que se

avanzaba muy rápido y había días en los cuales no se podía extraer información debido a que se estaba trabajando para la Oficina de Ingeniería en la labor de inspección de obra, por lo que se extrajo información de diferentes elementos con las mismas características pero representados en la siguiente figura.

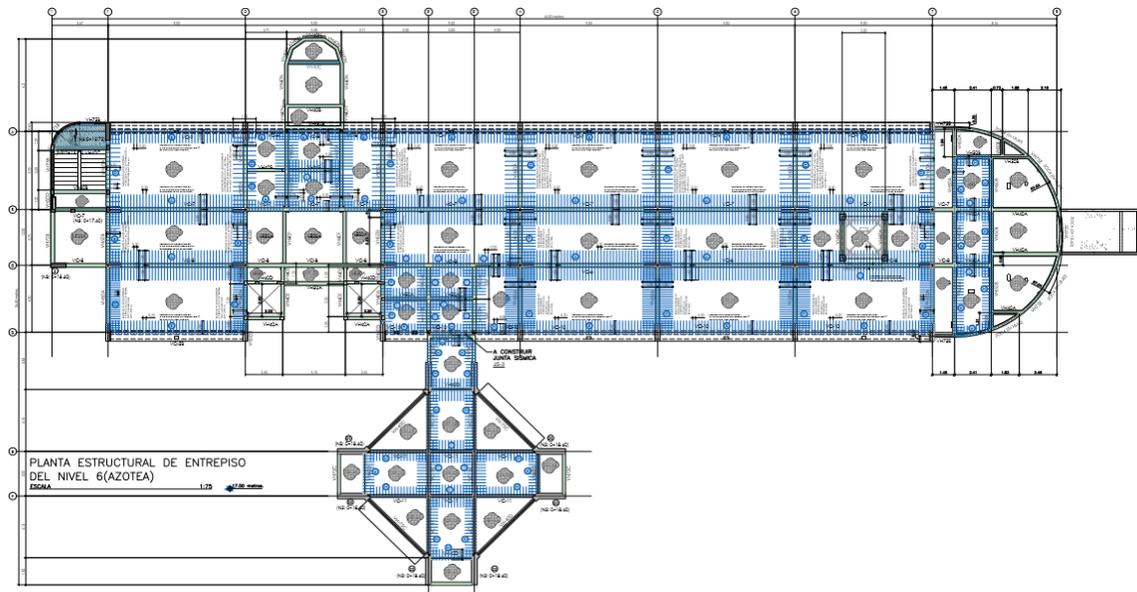


Figura 22. Detalle de losa de entrepiso en estudio del edificio TIC'S.

Para una mayor comprensión de lo realizado la siguiente lista muestra cómo está compuesta los procesos de esta actividad.
Proceso 1.0. Armado de bases para estructura de losa. Este proceso consiste en la colocación de una base de puntales para sostener la losa prefabricada tipo Filigran de un tamaño variable de acuerdo a la zona donde se vaya a colocar, que servirá de formaleta para colar la losa con concreto, además se colocan tensores que son

- varillas que se amarran a los puntales en forma de arrioste para dar mayor capacidad a los puntales. La siguiente lista de tareas especifica las tareas que se realizan.
- Tarea 1.1. Transporte de puntal a lugar de armado
- Tarea 1.2. Armar puntal
- Tarea 1.3. Colocación de tensores
- Tarea 1.4. Colocación de viguetas de madera



Figura 23. Armado de bases para estructura de losa en el edificio TIC'S.

Proceso 2.0. Colocación de losa prefabricada (Filigran). Este proceso se lleva a cabo con ayuda de la grúa torre, la cual transporta la losa prefabricada del lugar de almacenamiento al lugar de colocación. En algunos casos se debe cortar la losa debido a que no cabe y se debe devolver al lugar de almacenaje para proceder a cortarla, por lo que esta losa prefabricada no

tiene un tamaño estándar porque esta varía de acuerdo al lugar donde se quiera colocar. La siguiente lista de tareas especifica las tareas que se realizan.

Tarea 2.1. Transporte de losa al lugar de trabajo

Tarea 2.2. Medida y corte de losa

Tarea 2.3. Colocación de losa en lugar de trabajo



Figura 24. Colocación de losa prefabricada (Filigran) en el edificio TIC'S.

Proceso 3.0. Colocación de armadura para losa. Este proceso consiste en la colocación del acero de refuerzo para la losa, la cual en su mayoría son bastones de acero #3 que amarran la losa prefabricada y esta quedara suspendida y apoyada de ese acero. La siguiente lista de

tareas indica cuales son los procedimientos para poder realizar este proceso.

Tarea 3.1. Transporte de acero de refuerzo al lugar de trabajo

Tarea 3.2. Colocación de acero de refuerzo.

Tarea 3.3. Amarrar acero de refuerzo



Figura 25. Colocación de armadura para losa en el edificio TIC'S.

Proceso 4.0. Fabricación de concreto. Este proceso se realiza con ayuda de una batidora con una capacidad de 0.4 m^3 , a la cual se le dosifica arena y piedra con ayuda de un back hoe. El concreto es trasladado al lugar de colado con ayuda de un balde y grúa torre. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

- Tarea 4.1. Acarreo y dosificación de piedra
- Tarea 4.2. Acarreo y dosificación de arena
- Tarea 4.3. Acarreo y dosificación de cemento
- Tarea 4.4. Mezclado
- Tarea 4.5. Vaciado de concreto en balde
- Tarea 4.6. Acarreo de concreto en grúa torre al lugar de colado



Figura 26. Fabricación de concreto en el edificio TIC'S.

Proceso 5.0. Colado de concreto. El colado se realiza con ayuda de un balde de capacidad de 0.4 m^3 y grúa torre el cual transporta el concreto de la batidora hacia la losa de entrepiso, una vez llega a la losa es manipulado con ayuda de una cuadrilla dedicada al colado y acomodo de concreto en los elementos. La siguiente lista de

- tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.
- Tarea 5.1. Acarreo de concreto en balde al lugar de vaciado
 - Tarea 5.2. Vaciado de concreto en entrepiso
 - Tarea 5.3. Acomodo y vibrado de concreto



Figura 27. Colado de concreto en el edificio TIC'S.

Proceso 6.0. Desencofrado. Esta acción se realiza una vez el concreto ha fraguado y desarrollado parte de su resistencia, por lo general se realizó quince días después de colado el elemento y consiste en quitar todos los puntales que se colocaron en el proceso de armado de bases para estructura de losa. La siguiente lista de tareas indica que se realiza para poder llevar a cabo este proceso.

Tarea 6.1. Aflojar puntales

Tarea 6.2. Quitar puntales

Tarea 6.3. Transporte de puntales al lugar de almacenaje

Tarea 6.4. Aflojar paneles de formaleta

Tarea 6.5. Quitar paneles de formaleta

Tarea 6.6. Transporte paneles de formaleta al lugar de almacenaje



Figura 28. Desencofrado de losa en el edificio TIC'S.

Medida de productividad

Una vez teniendo claro las actividades y su composición se procede con el análisis de la productividad con el fin de darle información a la Oficina de Ingeniería que le ayude a dar una idea de cómo se maneja el recurso humano dentro del proyecto que se edifica, además de estudiar las

tareas que estos llevan a cabo y cómo se controlan sus labores, de esta forma para proyectos futuros se controle más a las empresas que ganen licitaciones y de este modo intentar bajar costos y buscar una optimización de costos y un menor consumo de recursos que permita al Tecnológico de Costa Rica ahorrar dinero que se cobra de forma innecesaria en ordenes de cambio, además de colaborar con datos para la

investigación realizada por la profesora guía Ana Grettel Leandro Hernández.

Para una mayor confiabilidad de los datos así como un mejor análisis se procedió a la captación de vídeos de los procesos que conforman las actividades, que en total para las tres actividades en estudio son conformadas por veinte procesos los cuales fueron analizados a una hora del día en específico. Bien se sabe que para que los datos tengan una validez estadística así como que puedan representar la jornada de trabajo semanal se deben hacer mediciones en la mañana en la tarde, un lunes, un miércoles y un viernes, ya que la productividad no es igual un día lunes en la mañana que un día viernes en la tarde, sin embargo no se realizó de esta manera por falta de tiempo además una vez que se iban a realizar más muestreos no se permitió por lo que esta fue la dificultad que sin duda más afectó, ya que la empresa constructora Estructuras S.A., puso restricción para grabar vídeos, alegando que los trabajadores se sentían acosados o incómodos por lo que no se pudieron tomar más mediciones de las que se querían.

Para poder grabar los vídeos se pidió un permiso previo y se informó que se estaba extrayendo información para la realización de la investigación sin embargo cuando se procedió a grabar se notificó que no se podía hacer más debido a quejas por parte de los trabajadores, lo cual no se puede decir que fue así, pero afectó el proceso de investigación.

Cabe resaltar que los análisis de los vídeos es una labor de mucho trabajo debido a que se realizan observaciones cada quince segundos lo que hace que el vídeo se deba pausar y observar lo que realiza cada trabajador en ese instante de tiempo, si la cuadrilla está compuesta de muchas personas, se dificultan más las labores porque se deben hacer más observaciones, además los vídeos son de treinta minutos en promedio lo que hace que en cada análisis se tarde hasta tres horas en realizarlo.

Cuando se dio la oportunidad de realizar la investigación en la Oficina de Ingeniería se permitió bajo la condición de realizar labores de inspección de obra, por lo que se debía cumplir con tres días a la semana para esta labor con una remuneración para compensar el esfuerzo,

pero si durante los otros dos días que eran destinados a la investigación surgía algún elemento u obra que se debía inspeccionar se debía estar anuente a asistir sin ninguna justificación, lo que dificultó un poco más la extracción de información de campo. Durante los días de inspección como es obvio no se podía extraer información de los procesos que se quería analizar, sin embargo si quedaba tiempo se procedía a realizar muestreos o a trabajar en la investigación, pero el tiempo del que se disponía no era tan amplio como para avanzar de gran forma, por lo que se contaba sólo con dos días hábiles para extraer información lo que hacía difícil realizar más muestreos y muchos más sabiendo que en total se debían realizar veinte para abarcar todos los procesos y completar las tres actividades. Este trabajo fue realizado para la Oficina de Ingeniería quien es el órgano que funge como consultor y fiscalizador de la obra realizada, por lo que la grabación de vídeos y análisis de productividad nunca lo vieron como una idea factible porque creen que los iba a perjudicar.

Por otra parte, se acató una orden de la profesora guía, se vio como una prioridad el completar actividades y no obtener sólo productividad de procesos, conjuntamente la edificación llevaba un ritmo de construcción muy rápido lo que dificultó la extracción de vídeos, al mismo tiempo el aparato electrónico para grabar los vídeos tenía una capacidad máxima de grabación de treinta y cinco minutos lo cual no era suficiente para tomar varias mediciones al mismo tiempo.

Medición de tiempos y movimientos de la mano de obra

A partir de los vídeos filmados de cada proceso se procede a realizar un estudio de tiempos y movimientos, se usó la técnica de Crew Balance, con observaciones iguales o superiores a las 384 para garantizar un nivel de confianza del 95% y un error menor al 5%.

En el momento de tomar las mediciones se procedió a elaborar una tabla como se indica a

continuación, la cual muestra el número de observación, el tiempo así como analiza cada trabajador e indica si este trabaja o no y qué

tarea realiza lo que permite elaborar un análisis de Crew balance.

Actividad:						
Proceso:						
Video:						
Fecha:						
Temperatura:						
Mediciones cada 15 segundos						
Hora:						
Observacion	Tiempo	Minuto	Trabajador 1 ()	Actividad que realiza	Trabajador 2 ()	Actividad que realiza
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Figura 29. Tabla utilizada para medición de productividad en sitio.

Procesamiento de los datos para medición de productividad

Una vez filmado el vídeo del proceso se deriva un análisis conforme a la tabla para medición de productividad en la cual se anota toda la cuadrilla que la conforma, desde operarios, ayudantes o peones; se anota si están trabajando y qué tareas realizan, esto con el fin de analizar la información de forma gráfica que representen los resultados de manera descriptiva y clara para una mayor comprensión. En estas tablas se anotará todo lo que realiza el trabajador desde estar hablando, esperando o bien ausente, llámese a esto tarea, y a partir de las anotaciones de las tareas realizadas por cada trabajador, se realiza un conteo manual de las tareas que estos realizan para después sumar las tareas que coinciden y obtener un total de observaciones de una tarea en específico, para luego después clasificar bajo criterio propio en tiempo productivo, contributivo e improductivo. A partir de la clasificación se procede a sumar el total de las observaciones de

todas las tareas que se clasificaron como productivas, improductivas y contributivas respectivamente para después dividirlos entre el total de observaciones y obtener así un porcentaje. Estos porcentajes se grafican para poder representarlos de una forma cuantitativa.

Una vez se cuenta con la clasificación se procede a realizar el crew balance, el cual debe indicar en qué proporción de tiempo se realiza determinada tarea para cada trabajador. Esta proporción se logra dividiendo la cantidad de observación de una tarea entre el total de observación que se realizar al trabajador, para después ser representado en un gráfico de barras que se conoce como crew balance o balance de cuadrillas.

Una vez se logra esto se procede a sumar la proporción de tiempo de las tareas que son parte del tiempo productivo e improductivo lo que da como resultado la productividad de cada trabajador.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados en Microsoft office Excel 2013 y se representan en la sección de resultados.

Identificación de variables que afecten la productividad

Cuando se realiza un análisis de productividad se pueden identificar variables que afectan el trabajo y hacen que este se realice de forma menos eficiente, por lo que la mejor manera de identificar estas variables es preguntando a quien realiza las labores, por lo que se realizó una encuesta preguntando a trabajadores, maestros de obras, ingenieros y subcontratistas sobre lo que ellos consideran que son los factores que más los afectan o bajan su rendimiento en el momento de realizar su trabajo.

Se realizaron diez preguntas a los trabajadores, maestros de obras e ingenieros y ocho para los subcontratistas, las preguntas en su mayoría son de respuesta única o marque con equis (X), esto con el fin de poder realizar un análisis de las repuestas y poder hacer gráficos que justifiquen esas consultas.

Además se realizó un diagrama de Ishikawa para poder identificar las causas de baja productividad en la mano de obra, de acuerdo a lo consultado a los expertos, llámese ingenieros y maestros de obra, conjuntamente con lo observado en el campo y que se interpretó como que pueden afectar la productividad de las personas.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados en Microsoft office Excel 2013 y se representan en la sección de resultados.

Cálculo de rendimientos

Los rendimientos se pretendían medir de manera conjunta con la productividad, con ayuda de videos y analizando el trabajo realizado de cada trabajador en la cuadrilla, sin embargo no se pudo realizar así debido a que no se permitió el grabar más vídeos de los procesos, por lo que se tiene un solo vídeo de cada proceso, con el cual se analizó el rendimiento de la cuadrilla, los demás rendimientos se hicieron de forma manual en campo midiendo el trabajo realizado y

analizando cada trabajador de la cuadrilla en estudio.

Inicialmente se pretende analizar tres rendimientos de cada proceso a lo largo del tiempo de análisis, a diferentes horas y días con el fin de sacar un rendimiento representativo de la jornada semanal laborada, pero en algunos casos se realizaron únicamente dos por falta de tiempo.

Quizás dos o tres mediciones sean insuficientes pero por falta de tiempo se realizará de esta manera. Se analizará el promedio de estos rendimientos así como la desviación estándar y el coeficiente de variación de estos datos para tener una idea de qué tan confiables son, todo esto basado en la teoría especificada en el apartado de marco teórico, en la cual se sigue la secuencia de las fórmulas descritas allí, para de este modo obtener rendimientos, promediarlos y obtener una desviación de los datos para luego afectarlos por el factor de tiempo muerto y obtener un rendimiento final.

Cabe resaltar que los muestreos dos y tres para diferentes procesos no siempre fueron de los elementos descritos anteriormente en la sección de conformación de las actividades, de las actividades de columnas-muros estructuras y vigas de concreto, ya que en algunos casos en el momento de llegar a realizar una medición este elemento ya había concluido por lo que se buscó elementos similares para el muestreo.

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados en Microsoft office Excel 2013 y se representan en la sección de resultados.

Base de datos

La colaboración en la realización de la base de datos fue el objetivo número cuatro, por lo cual se seleccionó el software Microsoft Office Access 2013 para realizarlo, de forma conjunta con las compañeras Alejandra Padilla Bonilla y Kristel Sanchez Pereira, debido a que la elaboración de una base de datos fue un objetivo común para los tres, y no era lógico que cada persona realizara una base de datos diferente si la Oficina de Ingeniería requiere sólo de una, por ende cada uno, calculó sus rendimientos por separado en el

proyecto de construcción respectivo, y luego se suministraron los datos a la base de datos .

Cabe mencionar que la base de datos fue programa por la compañera Kristel Sanchez Pereira, pero esta se planeó entre los tres compañeros, buscando darle una estructura de comprensión fácil para el usuario y que a partir de los rendimientos calculados se pudiera calcular el costo de la mano de obra para proyectos futuros para el Tecnológico de Costa Rica y así haya un mayor control sobre los gastos que se cobran por parte de las empresas constructoras por concepto de mano de obra.

Esta base de datos no tendrá validez estadística sino es alimentada constantemente con nuevos datos extraídos de campo, además cabe resaltar que los datos del proyecto del Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC'S) serán compatibles únicamente con datos de edificaciones con características similares a este, como por ejemplo, de cuatro niveles de elevación en adelante y con dimensiones amplias parecidas a las de TIC'S.

La base de datos trabaja por medio de tablas, ya que Access lo hace de esta manera, las cuales están correlacionadas entre sí para que el usuario pueda ingresar datos nuevos o bien consulte los existentes. El usuario podrá buscar datos de rendimientos así como obtener el costo que pueda tener de acuerdo a la cantidad de trabajo que se desee realizar, de la misma forma podrán informarse acerca de las características de los proyectos ingresados.

Resultados

Selección de las actividades

Para iniciar el análisis de productividad y cálculo de rendimientos fue necesario hacer una selección de las actividades que se querían estudiar, a continuación se expondrán los resultados obtenidos para la selección.

La elaboración del diagrama de Pareto se basó en el siguiente cuadro el cual muestra las

actividades que se realizaban en el momento de iniciar el estudio, y el costo total de las mismas para todo el edificio y porcentaje que representan.

Se procedió a realizar la clasificación A, B, C la cual se basó en los porcentajes acumulados de cada actividad con respecto al costo, tal y como muestra el cuadro 2.

CUADRO 2. COSTO TOTAL DE LAS ACTIVIDADES Y CLASIFICACIÓN A,B,C					
Actividad	Costo	Porcentaje	Acumulado	Tipo	
Columnas y muros estructurales	₪ 558.290.861,85	46,64	46,64	A	
Vigas de concreto	₪ 238.602.876,84	19,93	66,58	A	
Repello	₪ 173.081.322,44	14,46	81,04	B	
Entrepisos	₪ 149.071.087,77	12,45	93,49	B	
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	₪ 77.860.550,93	6,51	100,00	C	
Total	₪ 1.196.906.699,83	100,00			

Para realizar la selección se utilizó el diagrama de Pareto el cual evidencia cuales actividades se vislumbran como las que se deben analizar porque generan más peso para el proyecto, por lo que en la figura 30 se muestra el

Pareto preliminar para después analizar el que corresponde para el nivel cinco y seis del edificio, que es en donde se encontraba el proyecto en el momento de iniciar la investigación.

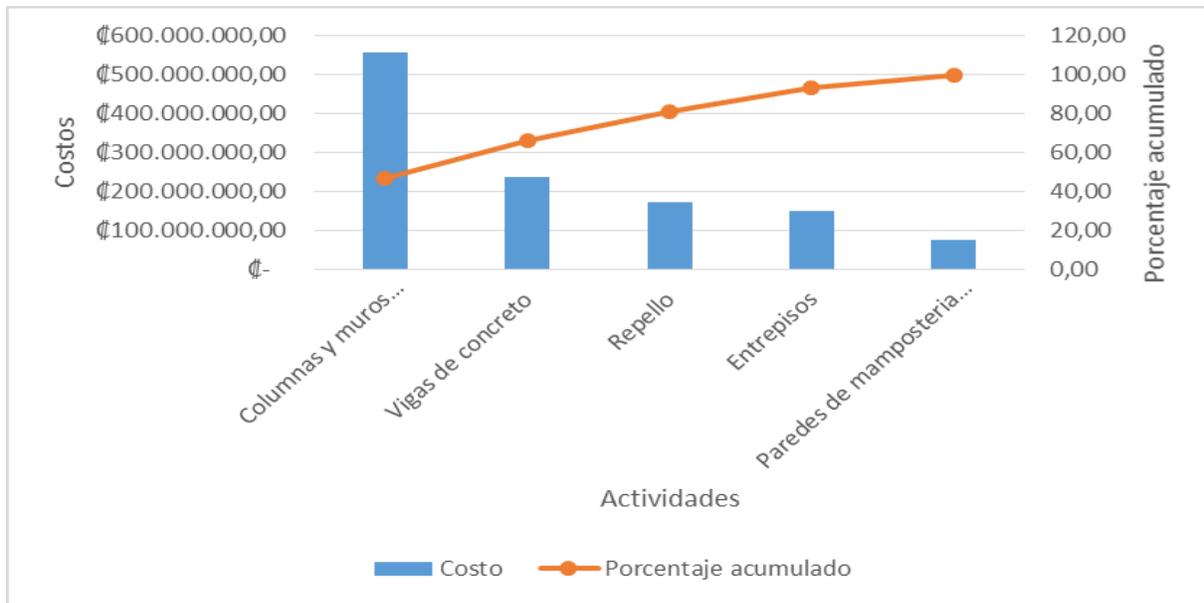


Figura 30. Diagrama de Pareto con costo total de las actividades

Una vez que se realiza el diagrama de Pareto incluyendo el costo total de las actividades se procedió a realizar una clasificación Alfa, Beta, Gamma la cual contempla inicialmente una

clasificación de acuerdo a su criticidad de 1 a 3, donde 1 va ser lo más crítico y 3 lo menos crítico, de manera subjetiva el cual se puede evidenciar en el siguiente cuadro.

CUADRO 3. CRITICIDAD DE LAS ACTIVIDADES	
Actividad	Criticidad
Columnas y muros estructurales	1
Vigas de concreto	2
Repello	2
Entrepisos	2
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	3

Una vez que se le da la criticidad a las actividades y se tiene la clasificación A, B, C se puede realizar la matriz Alfa, Beta, Gamma para proceder con la clasificación, con ayuda del cuadro 1 del apartado de marco teórico.

Ya una vez la matriz lista se puede plasmar la clasificación, realizando los cruces entre la clasificación A, B, C y la respectiva criticidad, de esta manera la clasificación Alfa, Beta, Gamma queda de la siguiente manera.

CUADRO 4. CLASIFICACIÓN ALFA, BETA, GAMMA	
Actividad	Clasificación
Vigas de concreto	Alfa
Columnas y muros estructurales	Alfa
Entrepiso	Beta
Repello	Beta
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	Gamma

Teniendo una idea de cuáles son las actividades que más peso tienen para la edificación se procedió a analizar las actividades por el nivel de avance que el proyecto llevaba en el momento de iniciar la investigación. Justo cuando se inició el trabajo, el proyecto iba por el nivel cinco de seis en construcción por lo que se realizó un diagrama de Pareto, una clasificación

A, B, C, y una clasificación Alfa, Beta, Gamma para el nivel cinco y seis del edificio.

En el cuadro 5 se pueden ver los costos de las actividades, clasificación A,B,C, porcentaje que representa este costo y su acumulado de acuerdo al nivel de avance de la edificación en el momento de comenzar la investigación.

CUADRO 5. COSTO DE LAS ACTIVIDADES DE ACUERDO AL NIVEL DE AVANCE Y CLASIFICACIÓN A,B,C				
Actividad	Costo	Porcentaje	Acumulado	Tipo
Columnas y muros estructurales	₪ 92.874.221,09	37,56	37,56	A
Entrepiso	₪ 63.488.384,97	25,68	63,24	A
Vigas de concreto	₪ 48.992.741,72	19,82	83,06	B
Repello	₪ 34.616.264,49	14,00	97,06	C
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	₪ 7.275.395,40	2,94	100,00	C
Total	₪ 247.247.007,67	100,00		

Un segundo diagrama de Pareto enfocado al nivel de avance, permite observar las actividades que se analizaron.

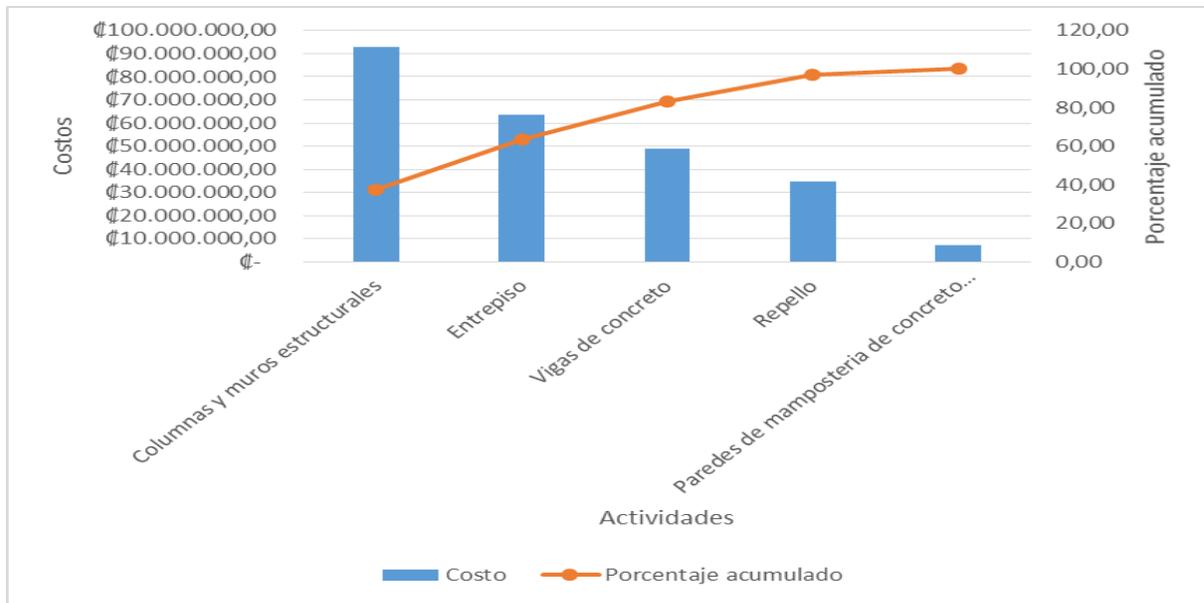


Figura 31. Diagrama de Pareto de acuerdo al nivel de avance de la edificación

El diagrama de Pareto permite tener una idea de cuáles son las actividades que más incidencia tienen dentro del proyecto, pero para

una mayor certeza se procede a realizar una clasificación Alfa, Beta, Gamma como se realizó inicialmente para todo el proyecto.

CUADRO 6. CRITICIDAD DE LAS ACTIVIDADES	
Actividad	Criticidad
Columnas y muros estructurales	1
Entrepiso	2
Vigas de concreto	1
Repello	2
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	2

Para completar la clasificación se necesita de la matriz Alfa, Beta, Gamma que se encuentra en el marco teórico ejemplificado como cuadro 1. El resultado final de los cruces entre la clasificación

A, B, C y la clasificación Alfa, Beta, Gamma da como resultado que las actividades más críticas que se deben analizar son.

CUADRO 7. CLASIFICACIÓN ALFA, BETA, GAMMA	
Actividad	Clasificación
Entrepiso	Alfa
Vigas de concreto	Alfa
Columnas y muros estructurales	Alfa
Repello	Beta
Paredes de mampostería de concreto y arcilla	Beta

De acuerdo a lo consultado a los expertos, en este caso se consideró como expertos a los maestros de obras e ingenieros, ellos concluyeron que las actividades que más problemas habían traído al proyecto de TIC'S son las de columnas y muros estructurales además de todo lo referente a concreto armado, por lo que hubo una coincidencia de acuerdo al análisis de los costos y el juicio de expertos, por lo que con estos resultados se puede concluir que las actividades que se deben estudiar son la de columnas y muros estructurales, vigas de concreto y entrepiso.

Conformación de las actividades

Una vez seleccionadas las actividades y basándose en la metodología anterior, a continuación se explicará por medio de diagramas de flujo las actividades elegidas así como cada proceso que la compone para una mayor comprensión de cómo se lleva a cabo la elaboración de estas actividades en el campo de la construcción.

Diagrama de flujo de la actividad columnas y muros estructurales

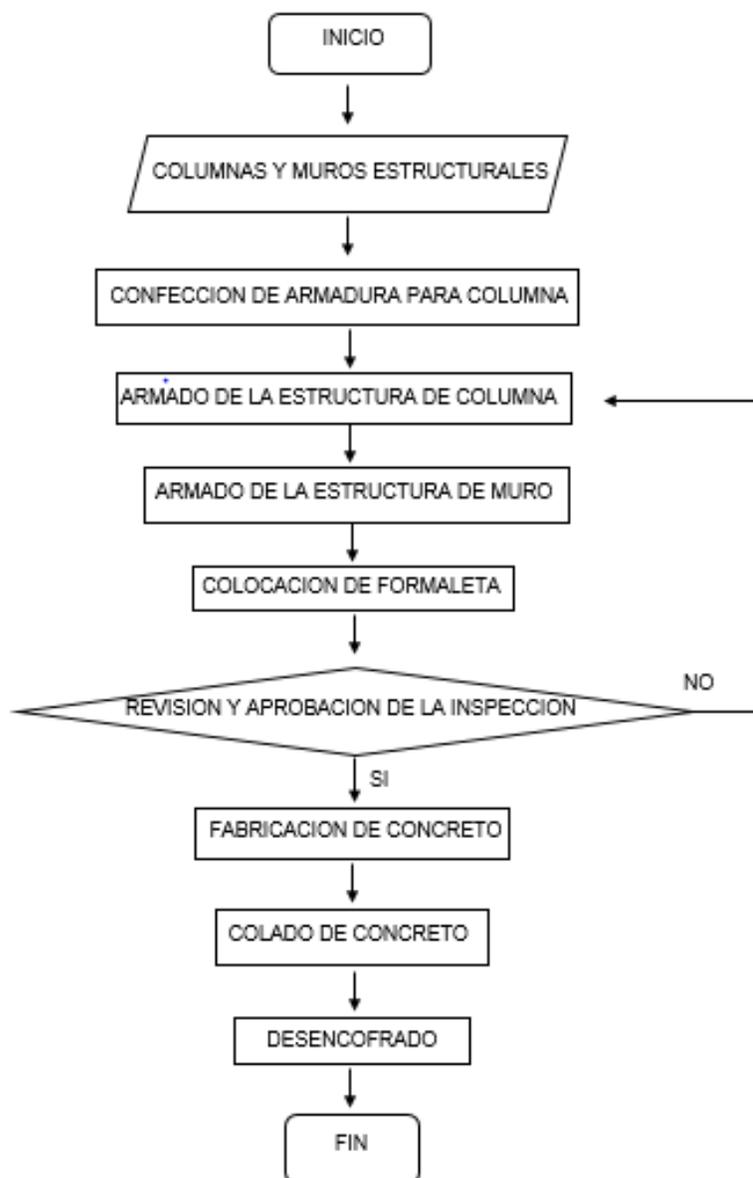


Figura 32. Diagrama de flujo de la actividad de columnas y muros estructurales

Diagrama de flujo de la actividad vigas de concreto

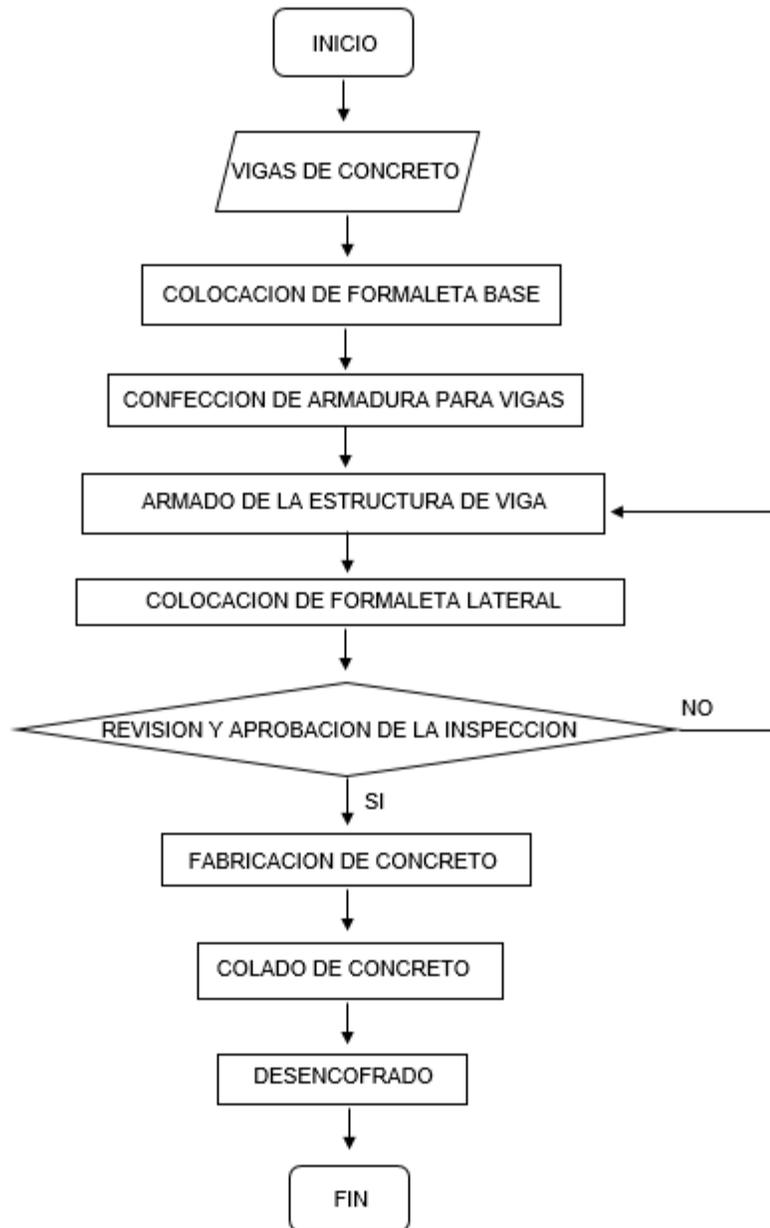


Figura 33. Diagrama de flujo de la actividad de vigas de concreto

Diagrama de flujo de la actividad entrepiso

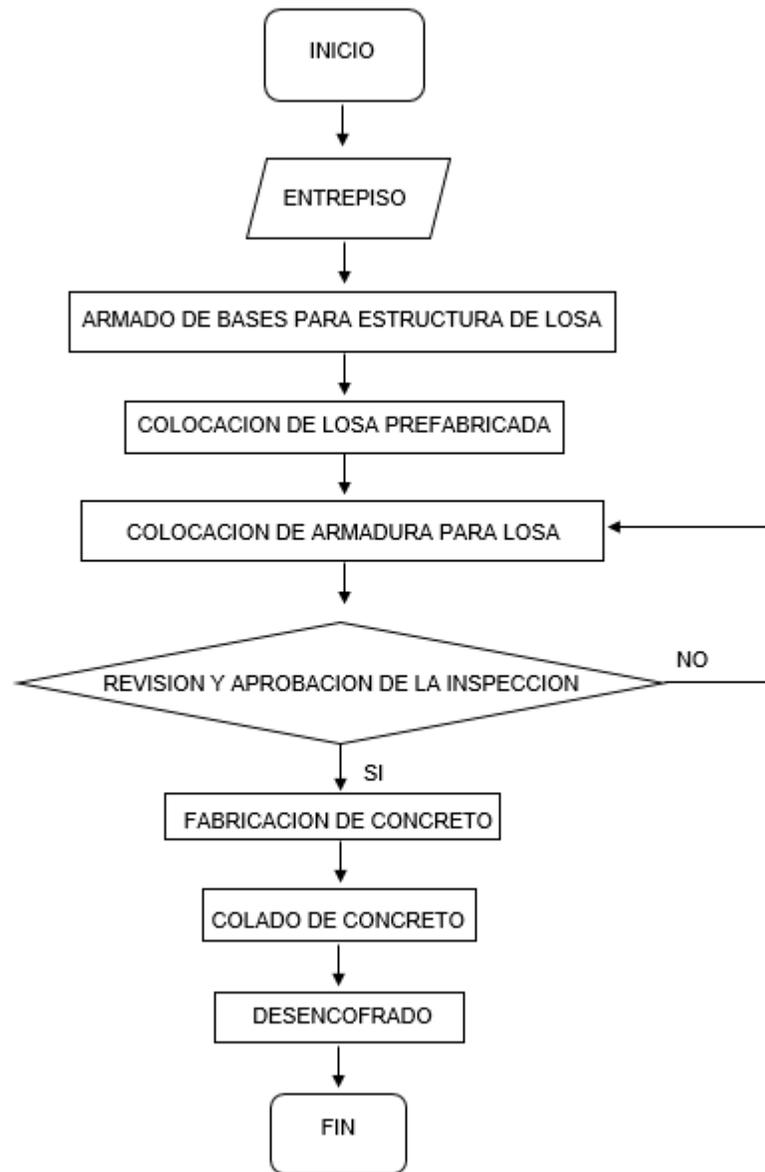


Figura 34. Diagrama de flujo de la actividad de entrepiso

Medida de productividad

La medida de productividad se realizó basada en un estudio de tiempos y movimientos el cual sirven para dar pautas y exigir mayor control de la mano de obra.

En el siguiente apartado se expondrán los resultados obtenidos de la medida de productividad basándose en cuadros y gráficos, los cuales exponen la información de acuerdo al proceso analizado.

Actividad 1. Columnas y muros estructurales

A continuación se mostrará los resultados de la actividad de columnas y muros estructurales correspondientes al análisis de productividad y cálculo de rendimientos de cada proceso, cada proceso explica que resultados que se representan ya sea por medio de una figura o un cuadro.

Proceso 1. Confección de armadura para columnas

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 35, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 8 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 9 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 10 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 11 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 36. El Crew Balance se puede ver en la figura 37 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 12 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

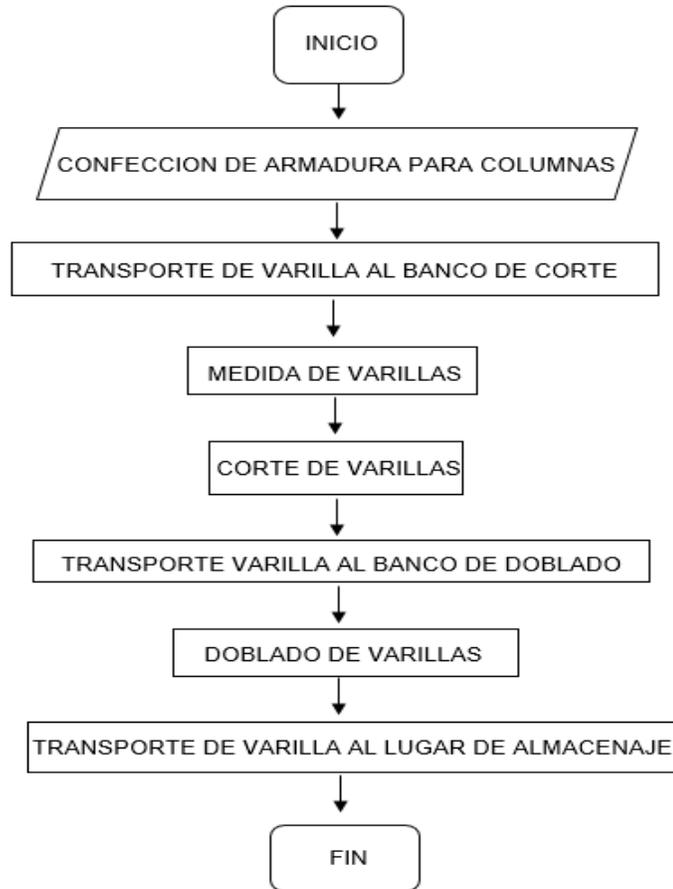


Figura 35. Diagrama de flujo del proceso de confección de armadura para columnas

CUADRO 8. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Grifa
Ayudantes	Alambre negro	Máquina de corte de varillas
		Banco de corte
		Cinta métrica
		Banco de doblado
		Esmeriladora

CUADRO 9. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Ayudante)	63%
2 (Operario)	83%
3 (Ayudante)	79%
4 (Operario)	74%
Cuadrilla	75%

CUADRO 11. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Cortando varilla	14	Acarreando varilla	7	Esperando	82
Cortando aro	15	Acarreando aro	26	Hablando	5
Dobla aro	140	Acarreando gancho	9	Caminando	10
Dobla gancho	61	Alzando aro	14		
Total	230		56		97

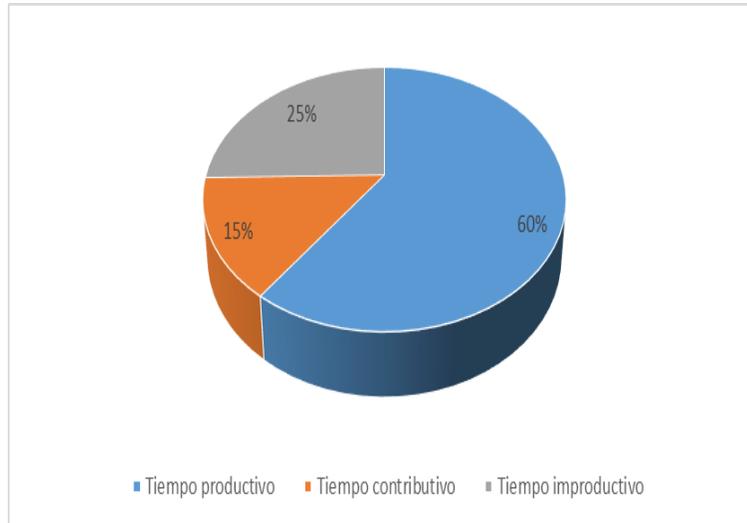


Figura 36. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

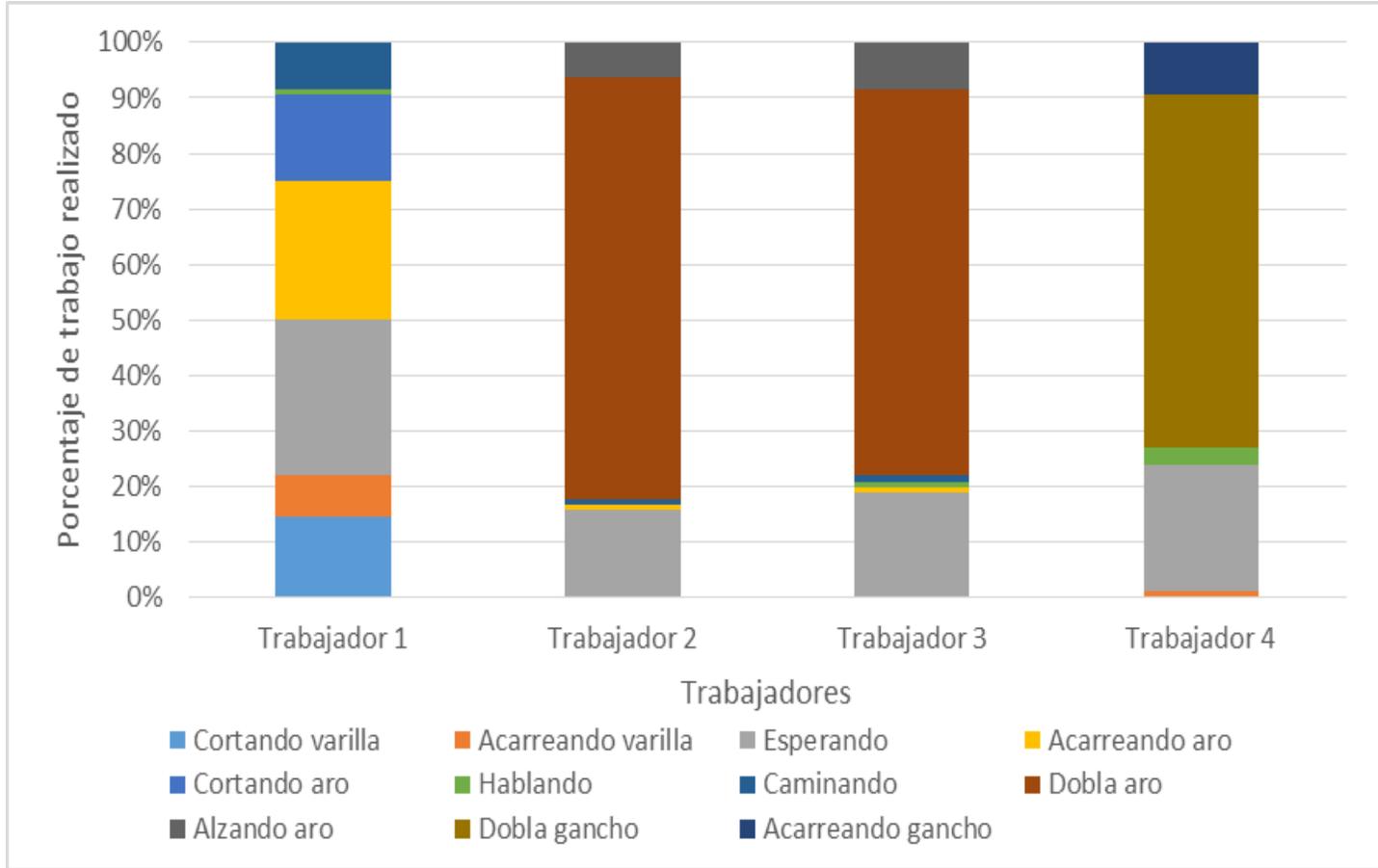


Figura 37. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 12. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	17/2/2016	4	1,553	33,550	0,046
2	24/2/2016	3	1,600	20,800	0,077
3	2/3/2016	3	2,050	24,520	0,084
Rendimiento promedio					0,069
Desviación estándar					0,020
Coeficiente de variación					0,289
Rendimiento final					0,076

Proceso 2. Armado de la estructura de columna

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 38, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 13 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 14 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 15 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 16 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 39. El Crew Balance se puede ver en la figura 40 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 17 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

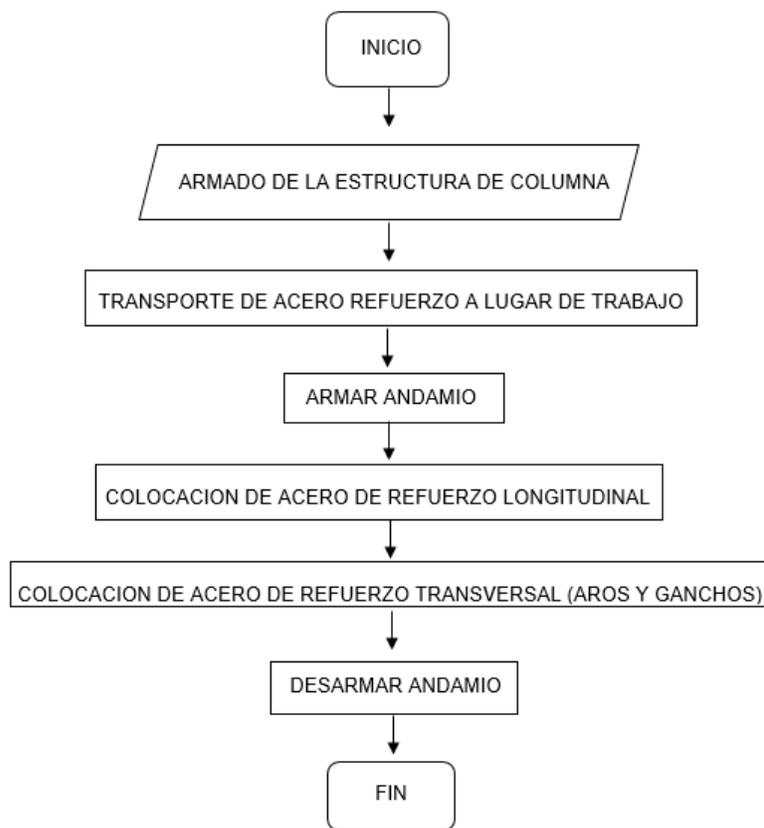


Figura 38. Diagrama de flujo del proceso armado de la estructura de columna

CUADRO 13. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Grúa torre
Ayudantes	Alambre negro	Grifa
		Cinta métrica
		Andamio
		Tenaza
		Nivel

CUADRO 14. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	89%
2 (Ayudante)	76%
3 (Ayudante)	80%
Cuadrilla	82%

CUADRO 15. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Midiendo	15	4%
Amarrando varilla	2	1%
Colocando aro	52	14%
Esperando	51	13%
Amarrando aro	138	36%
Bajando	8	2%
Acomodando aro	66	17%
Sosteniendo	1	0%
Amarrándose	1	0%
Viendo	1	0%
Sosteniendo aro	7	2%
Acarreo de aros	5	1%
Sosteniendo cinta	4	1%
Alcanzando aro	2	1%
Subiendo	2	1%
Jalando andamio	2	1%
Desarmar andamio	22	6%
Caminando	3	1%
Acarreando herramienta	1	0%
Acomodándose	2	1%
Total	385	100%

CUADRO 16. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Amarrando varilla	2	Midiendo	15	Esperando	51
Colocando aro	52	Sosteniendo	1	Bajando	8
Amarrando aro	138	Sosteniendo aro	7	Amarrándose	1
Acomodando aro	66	Acarreo de aros	5	Viendo	1
		Sosteniendo cinta	4	Subiendo	2
		Alcanzando aro	2	Caminando	3
		Jalando andamio	2	Acarreando herramienta	1
		Desarmar andamio	22	Acomodándose	2
Total	258		58		69

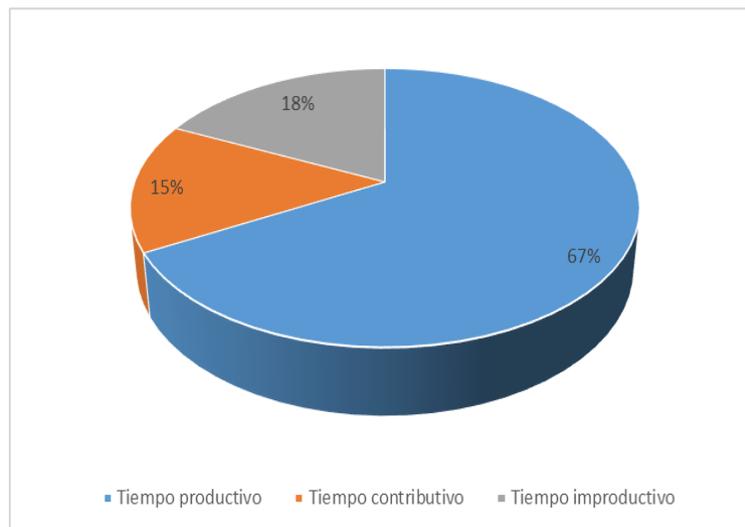


Figura 39. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

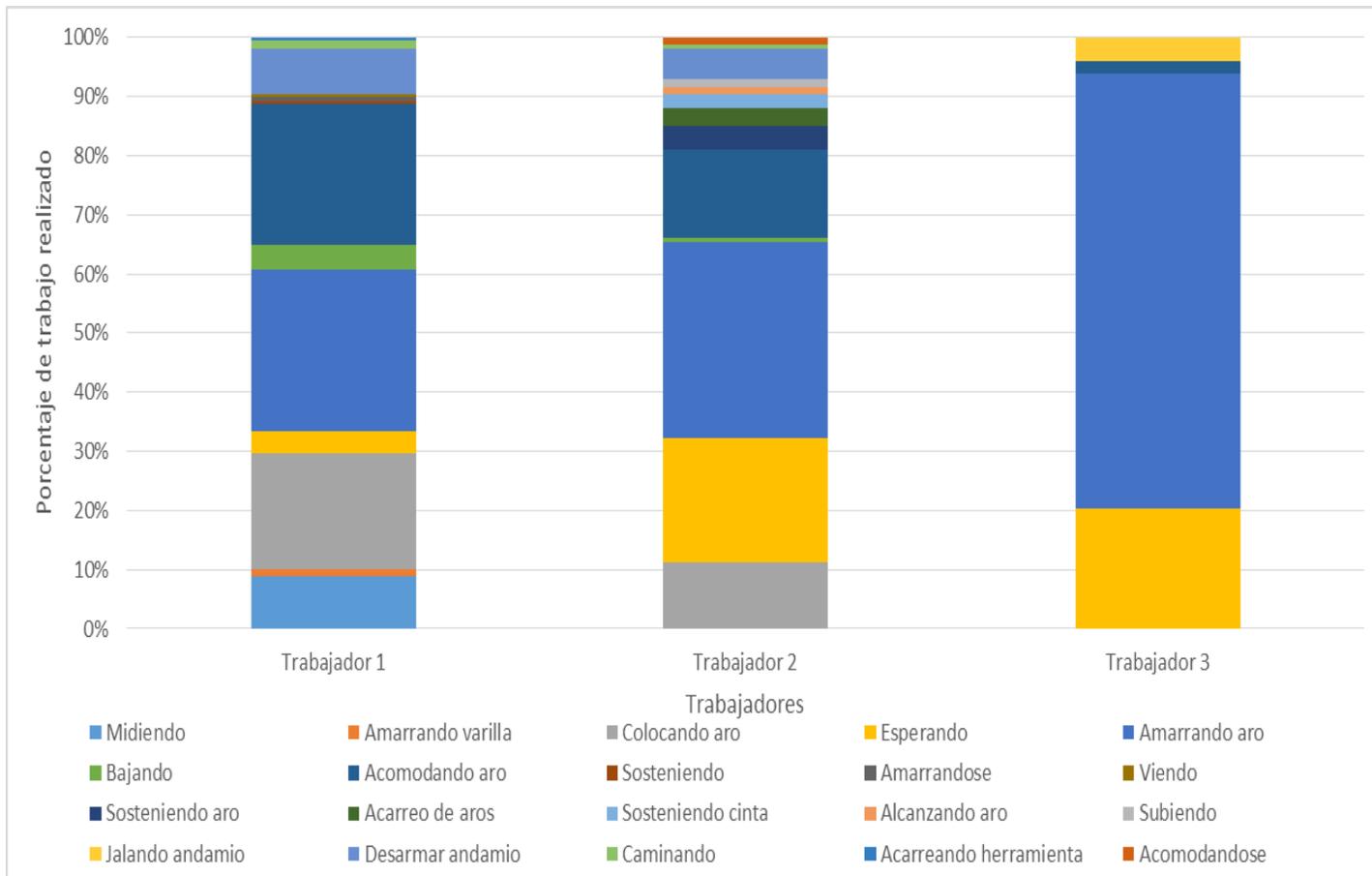


Figura 40. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 17. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	17/2/2016	3	2,065	94,099	0,022
2	12/4/2016	2	1,233	16,531	0,075
3	18/4/2016	2	3,533	27,552	0,128
Rendimiento promedio					0,075
Desviación estándar					0,053
Coeficiente de variación					0,709
Rendimiento final					0,082

Proceso 3. Armado de la estructura de muro estructural

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 41, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 18 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 19 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 20 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 21 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 42. El Crew Balance se puede ver en la figura 43 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 22 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

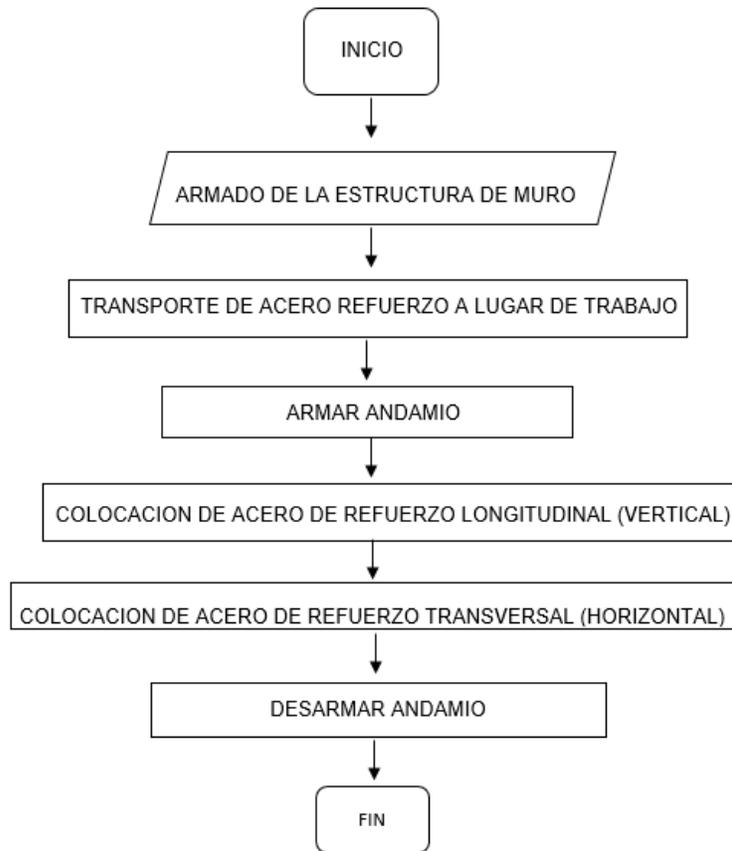


Figura 41. Diagrama de flujo del proceso armado de la estructura de muro

CUADRO 18. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Grúa torre
Ayudantes	Alambre negro	Grifa
		Cinta métrica
		Andamio
		Tenaza
		Nivel

CUADRO 19. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	66%
2 (Ayudante)	54%
3 (Ayudante)	48%
Cuadrilla	58%

CUADRO 20. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Amarrando varilla	121	28%
Esperando	73	17%
Midiendo	19	4%
Colocando varilla	12	3%
Buscando material	3	1%
Acarreando varilla	20	5%
Sacando herramienta	5	1%
Acarreando herramienta	4	1%
Acomodando varilla	52	12%
Caminando	18	4%
Buscando herramienta	2	0%
Acarreando material	1	0%
Acomodándose	14	3%
Ausente	15	3%
Sosteniendo varilla	3	1%
Acarreando andamio	11	3%
Armando andamio	11	3%
Quitando varilla	28	6%
Doblando varilla	2	0%
Hablando	14	3%
Bajando	1	0%
Amarrándose	2	0%
Subiendo	2	0%
Amarrando andamio	2	0%
Sosteniendo andamio	2	0%
Poniéndose arnés	2	0%
Total	439	100%

CUADRO 21. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA

Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Amarrando varilla	121	Midiendo	19	Esperando	73
Colocando varilla	12	Acarreando varilla	20	Buscando material	3
Acomodando varilla	52	Acarreando material	1	Sacando herramienta	5
		Sosteniendo varilla	3	Acarreando herramienta	4
		Acarreando andamio	11	Caminando	18
		Armando andamio	11	Acomodándose	14
		Amarrando andamio	2	Ausente	15
		Doblando varilla	2	Buscando herramienta	2
				Quitando varilla	28
				Hablando	14
				Bajando	1
				Amarrándose	2
				Subiendo	2
				Sosteniendo andamio	2
				Poniéndose arnés	2
Total	185		69		185

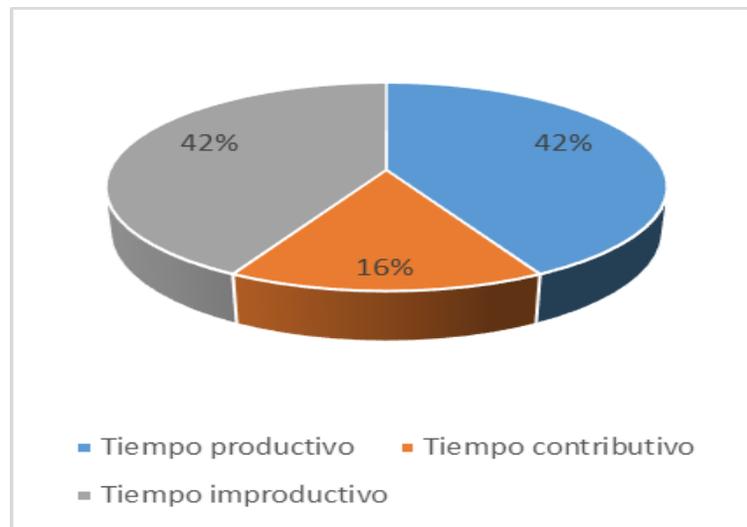


Figura 42. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

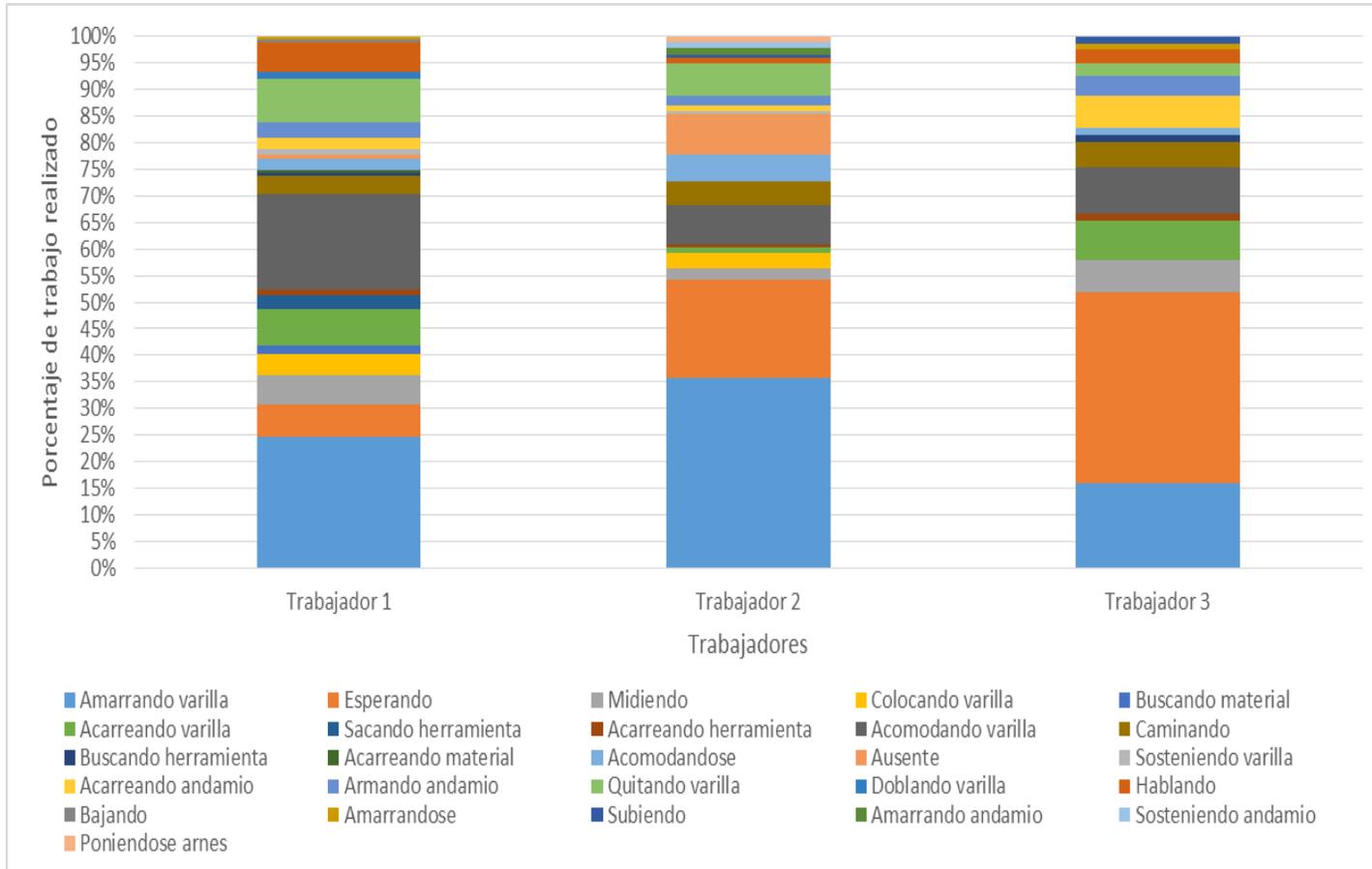


Figura 43. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 22. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medicion	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	17/2/2016	3	2,180	75,878	0,029
2	17/4/2016	2	1,967	23,520	0,084
3	18/4/2016	2	2,433	30,240	0,080
Rendimiento promedio					0,064
Desviacion estandar					0,031
Coeficiente de variacion					0,480
Rendimiento final					0,071

Proceso 4. Colocación de formaleta

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 44, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 23 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 24 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 25 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 26 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 45. El Crew B alcance se puede ver en la figura 46 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 27 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

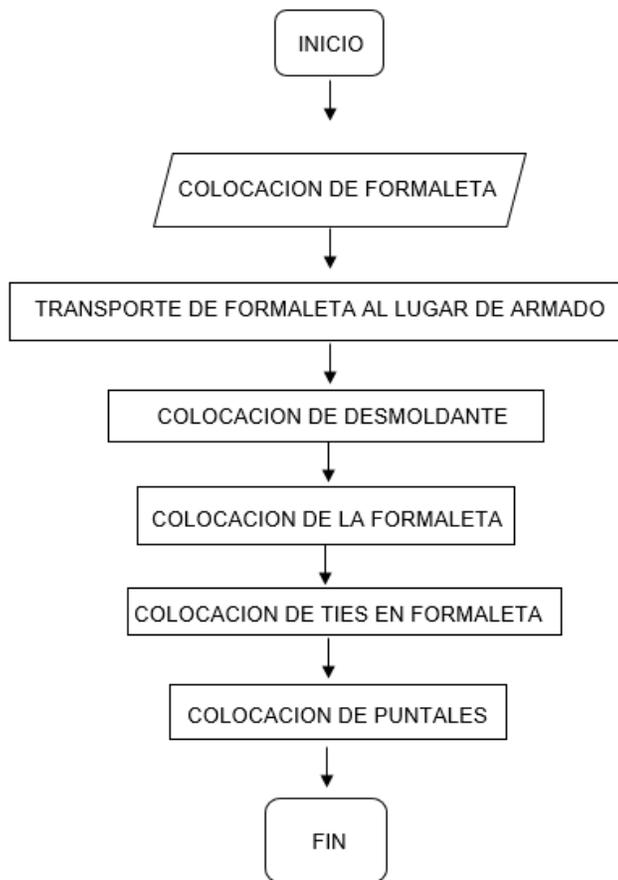


Figura 44. Diagrama de flujo del proceso colocacion de formaleta

CUADRO 23. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Madera	Martillo
Ayudantes	Puntales	Escoba
	Desmoldante	Rodillo
	Clavos	Escalera
	Ties	Cinta
	Formaleta	Nivel
		SERRUCHO

CUADRO 24. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Ayudante)	55%
2 (Operario)	59%
3 (Ayudante)	57%
4 (Operario)	60%
Cuadrilla	58%

CUADRO 25. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	94	20%
Colocando desmoldante	30	6%
Acarreando panel	30	6%
Levantando panel	1	0%
Caminando	32	7%
Ausente	31	7%
Sosteniendo	43	9%
Acarreando herramienta	7	1%
Limpiando sitio	12	3%
Limpiando panel	7	1%
Hablando	7	1%
Colocando panel	72	15%
Limpiando concreto panel	8	2%
Buscando herramienta	14	3%
Cortando madera	9	2%
Acomodando herramienta	3	1%
Colocando base madera	52	11%
Midiendo	18	4%
Sacando herramienta	1	0%
Amarrándose	1	0%
Acarreando madera	4	1%
Total	476	100%

CUADRO 26. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Colocando panel	72	Colocando desmoldante	30	Esperando	94
Colocando base madera	52	Acarreando panel	30	Caminando	32
		Levantando panel	1	Ausente	31
		Sosteniendo	43	Hablando	7
		Limpiando panel	7	Sacando herramienta	1
		Limpiando concreto panel	8	Amarrándose	1
		Cortando madera	9	Acomodando herramienta	3
		Midiendo	18	Buscando herramienta	14
		Acarreando madera	4	Limpiando sitio	12
				Acarreando herramienta	7
Total	124		150		202

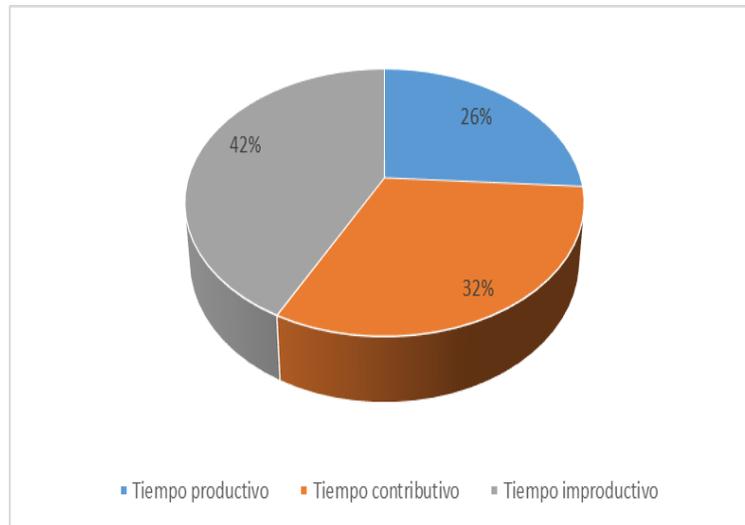


Figura 45. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

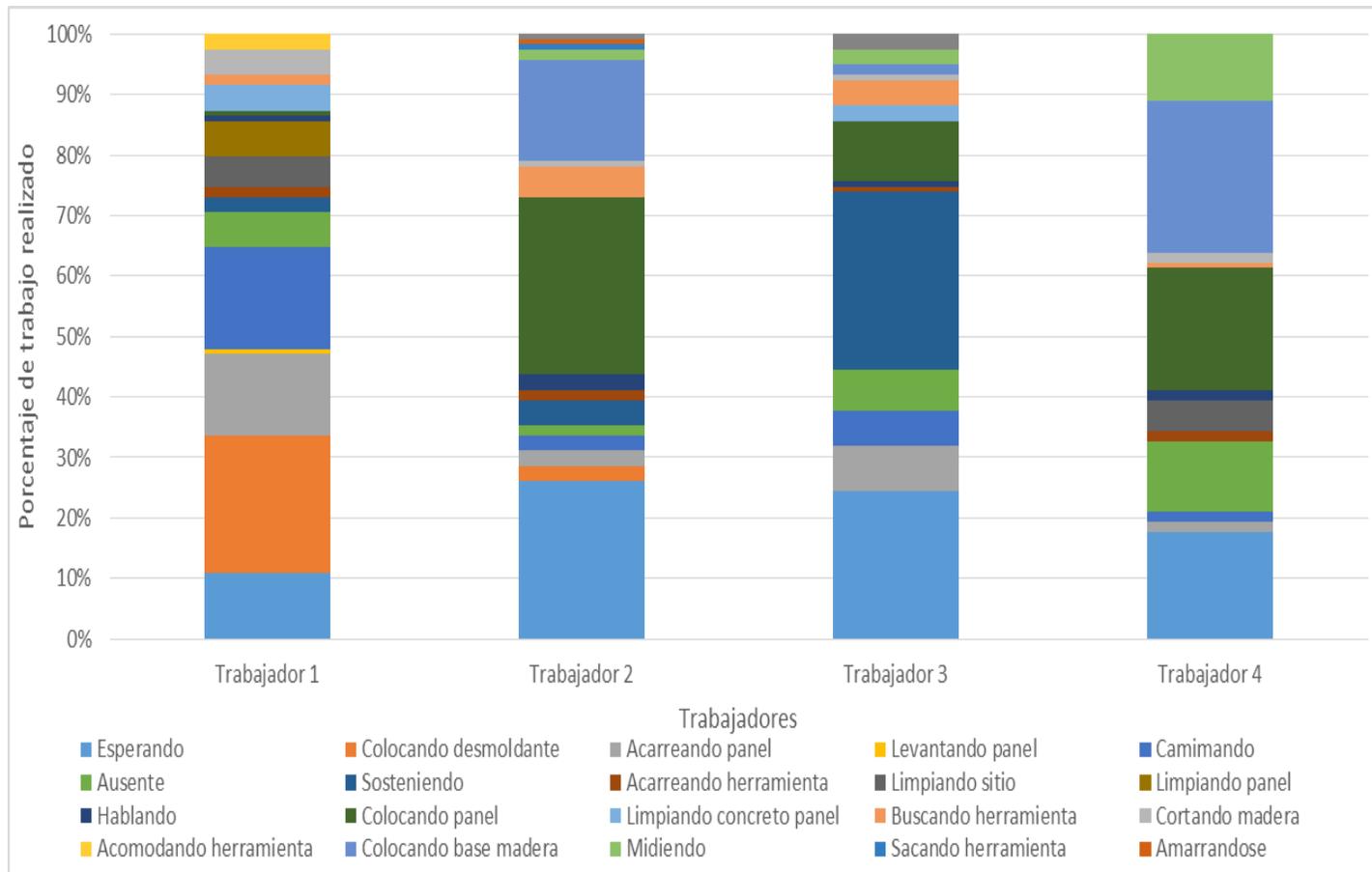


Figura 46. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 27. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	18/2/2016	4	1,943	8,780	0,221
2	4/4/2016	2	3,933	5,856	0,672
3	19/4/2016	3	7,600	12,690	0,599
Rendimiento promedio					0,497
Desviación estándar					0,242
Coeficiente de variación					0,486
Rendimiento final					0,547

Proceso 5. Fabricación de concreto

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 47, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 28 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 29 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 30 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 31 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 48. El Crew Balance se puede ver en la figura 49 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 32 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

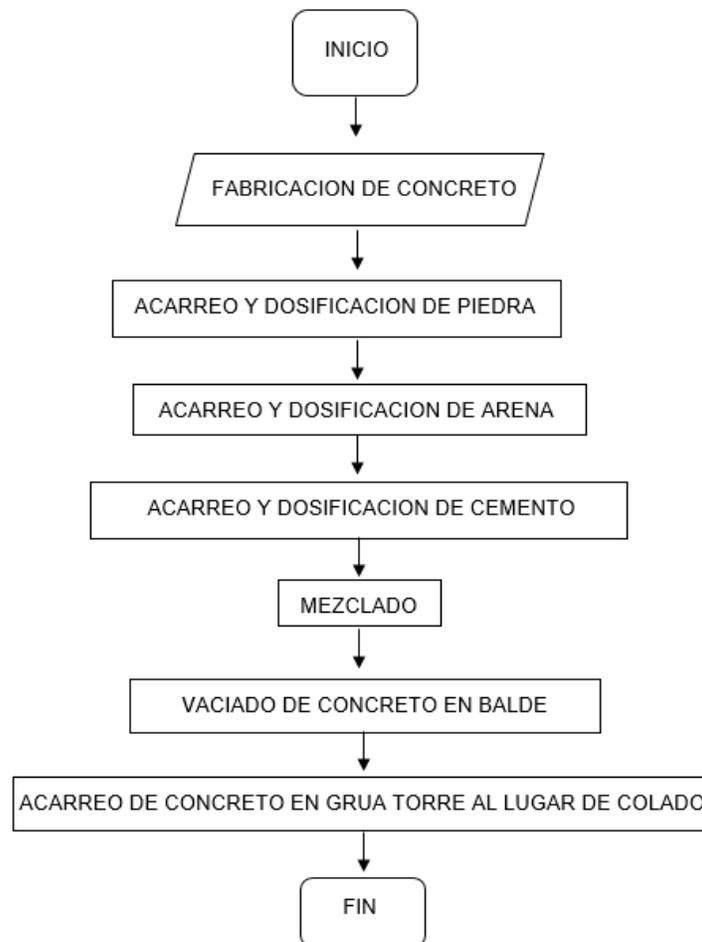


Figura 47. Diagrama de flujo del proceso fabricación de concreto

CUADRO 28. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Balde
Ayudantes	Aditivo	Batidora
		Grua torre
		Back hoe

CUADRO 29. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	32%
2 (Operario)	11%
3 (Ayudante)	9%
4 (Ayudante)	6%
5 (Operario)	13%
Cuadrilla	14%

CUADRO 30. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Operando batidora	34	5%
Esperando	449	71%
Ausente	54	9%
Dosificando aditivo	4	1%
Dosificando agua	3	0%
Caminando	21	3%
Lavándose las manos	1	0%
Acarreando piedra	4	1%
Acarreando	10	2%
Dosificando arena	1	0%
Cargando arena	1	0%
Acarreando arena	4	1%
Dosificando piedra	3	0%
Cargando piedra	1	0%
Dosificando cemento	8	1%
Apaleando	5	1%
Acarreando agua	1	0%
Lavando herramienta	2	0%
Acarreando cemento	9	1%
Ordenando tarima	1	0%
Acomodando balde	1	0%
Apaleando residuos	1	0%
Operando grúa	17	3%
Total	635	100%

CUADRO 31. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Operando batidora	34	Acarreando piedra	4	Esperando	449
Dosificando aditivo	4	Cargando arena	1	Ausente	54
Dosificando agua	3	Acarreando arena	4	Caminando	21
Dosificando arena	1	Cargando piedra	1	Lavándose las manos	1
Dosificando piedra	3	Acarreando agua	1	Acarreando	10
Dosificando cemento	8	Acarreando cemento	9	Apaleando	5
Operando grúa	17	Acomodando balde	1	Lavando herramienta	2
				Ordenando tarima	1
				Apaleando residuos	1
Total	70		21		544

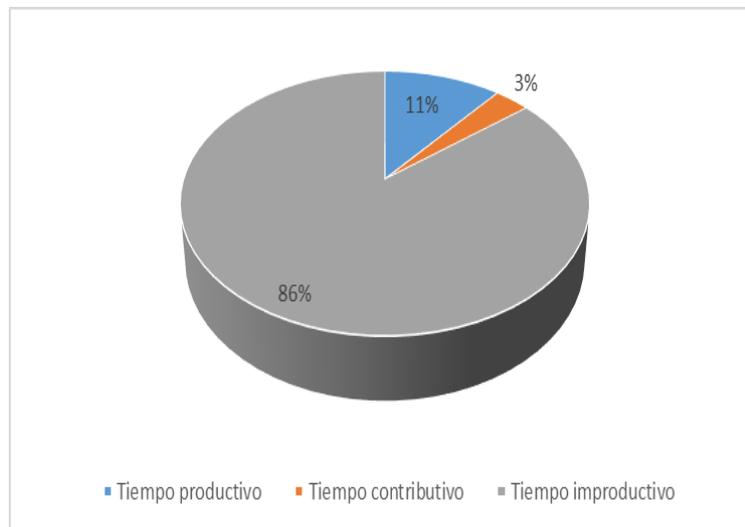


Figura 48. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

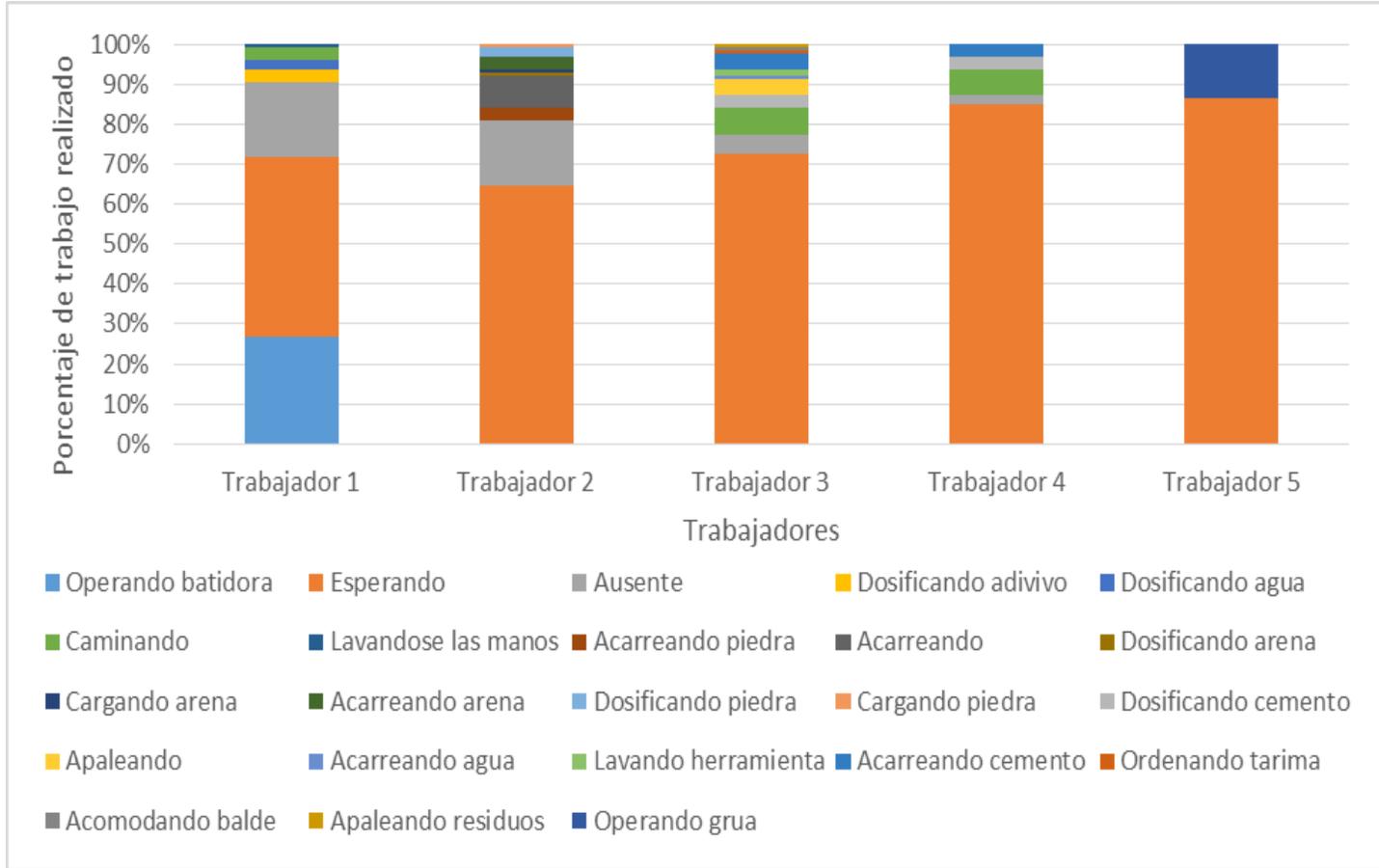


Figura 49. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 32. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	22/2/2016	5	2,608	0,800	3,260
2	21/4/2016	5	2,667	1,200	2,222
Rendimiento promedio					2,741
Desviación estándar					0,734
Coeficiente de variación					0,268
Rendimiento final					3,013

Proceso 6. Colado de concreto en columna y muro

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 50, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 33 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 34 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 35 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 36 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 51. El crew balance se puede ver en la figura 52 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 37 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

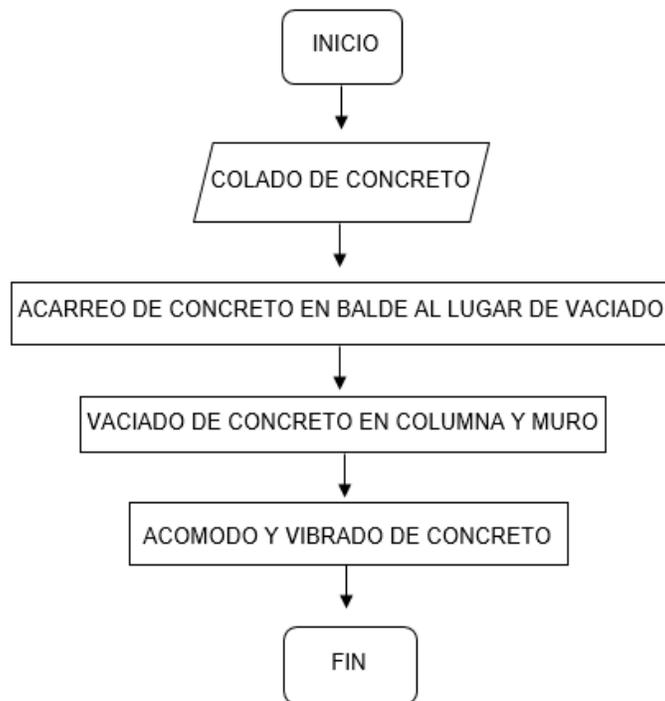


Figura 50. Diagrama de flujo del proceso colado de concreto

CUADRO 33. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Vibrador
Ayudantes		Maso de hule
		Llaneta
		Cuchara
		Balde
		Grua torre
		Plataforma metálica

CUADRO 34. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	46%
2 (Operario)	71%
3 (Ayudante)	73%
4 (Ayudante)	54%
5 (Ayudante)	40%
6 (Ayudante)	32%
7 (Operario)	21%
Cuadrilla	48%

CUADRO 35. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	469	50%
Alcanzando balde	3	0%
Subiendo al balde	3	0%
Operando balde	57	6%
Bajando de balde	3	0%
Colocando canoa	3	0%
Caminando	11	1%
Acarreando canoa	2	0%
Acomodando canoa	1	0%
Acomodándose en balde	1	0%
Sosteniendo vibrador	34	4%
Sosteniendo balde	96	10%
Vibrando	66	7%
Encendiendo vibrador	1	0%
Acarreando vibrador	3	0%
Sacando vibrador	1	0%
Golpeando formaleta	127	13%
Acomodando concreto	27	3%
Acomodando vibrador	5	1%
Agachándose	3	0%
Operando grúa	29	3%
Total	945	100%

Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Operando balde	57	Alcanzando balde	3	Esperando	469
Vibrando	66	Colocando canoa	3	Subiendo al balde	3
Golpeando formaleta	127	Acarreando canoa	2	Bajando de balde	3
Acomodando concreto	27	Acomodando canoa	1	Caminando	11
Operando grúa	29	Acomodándose en balde	1	Sacando vibrador	1
		Sosteniendo vibrador	34	Agachándose	3
		Encendiendo vibrador	1		
		Acarreando vibrador	3		
		Sosteniendo balde	96		
		Acomodando vibrador	5		
Total	306		149		490

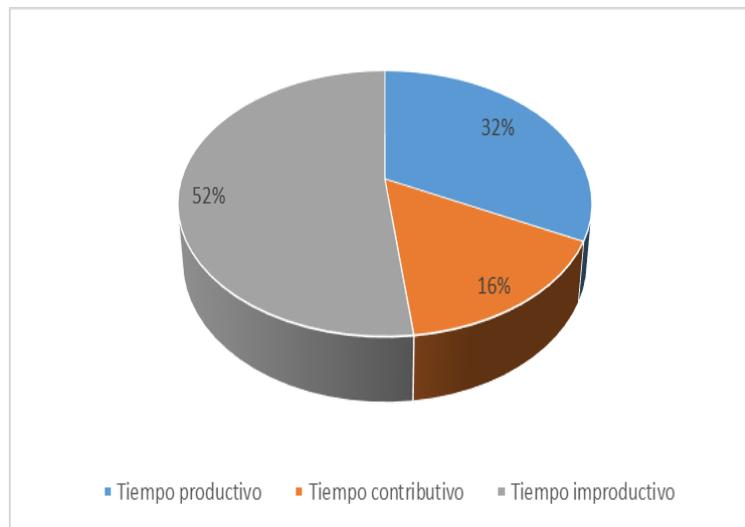


Figura 51. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

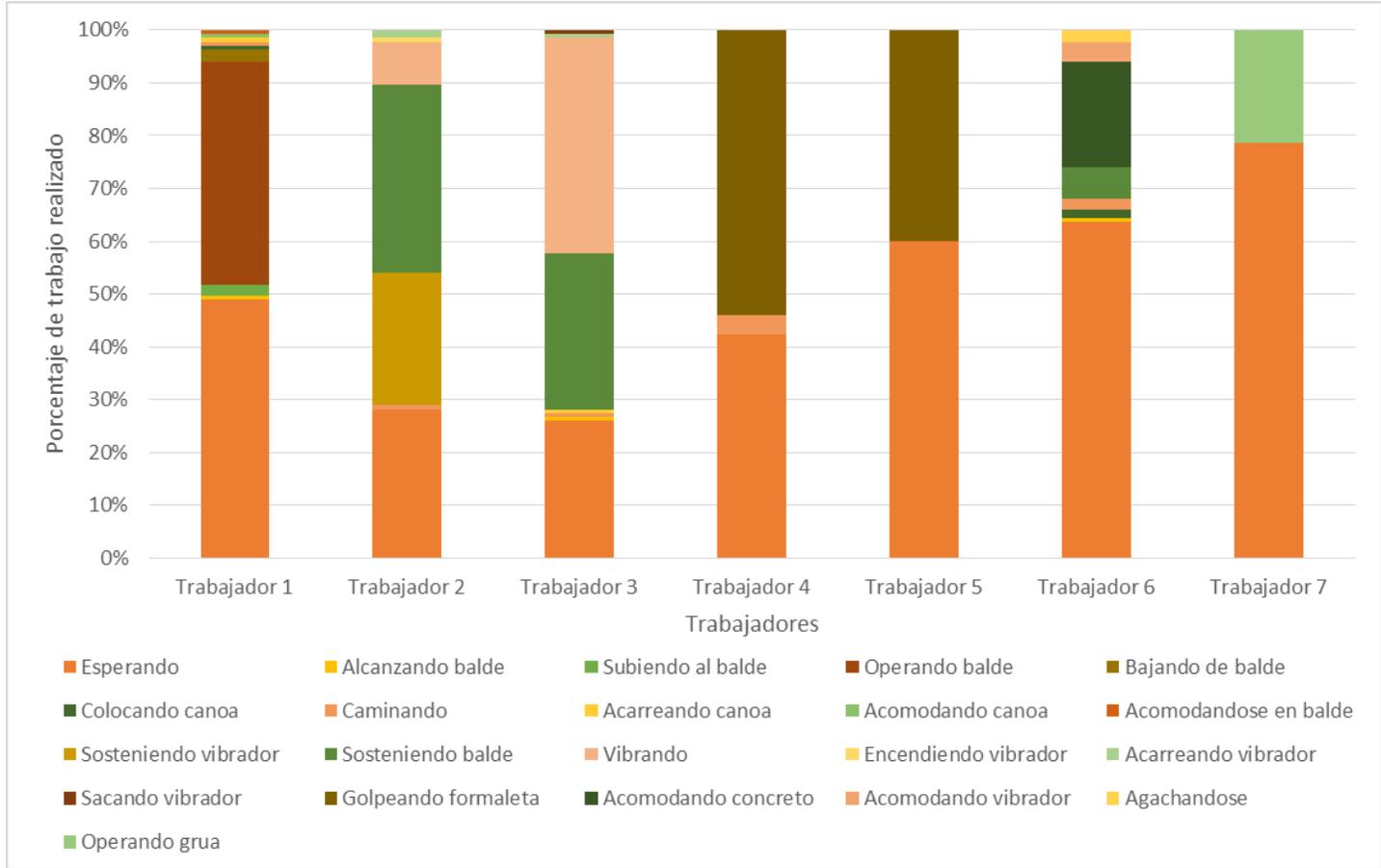


Figura 52. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 37. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	22/2/2016	7	3,885	1,600	2,428
2	21/4/2016	7	4,550	2,000	2,275
Rendimiento promedio					2,352
Desviación estándar					0,108
Coeficiente de variación					0,046
Rendimiento final					2,584

Proceso 7. Desencofrado

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 53, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 38 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 39 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 40 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 41 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 54. El Crew Balance se puede ver en la figura 55 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 42 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

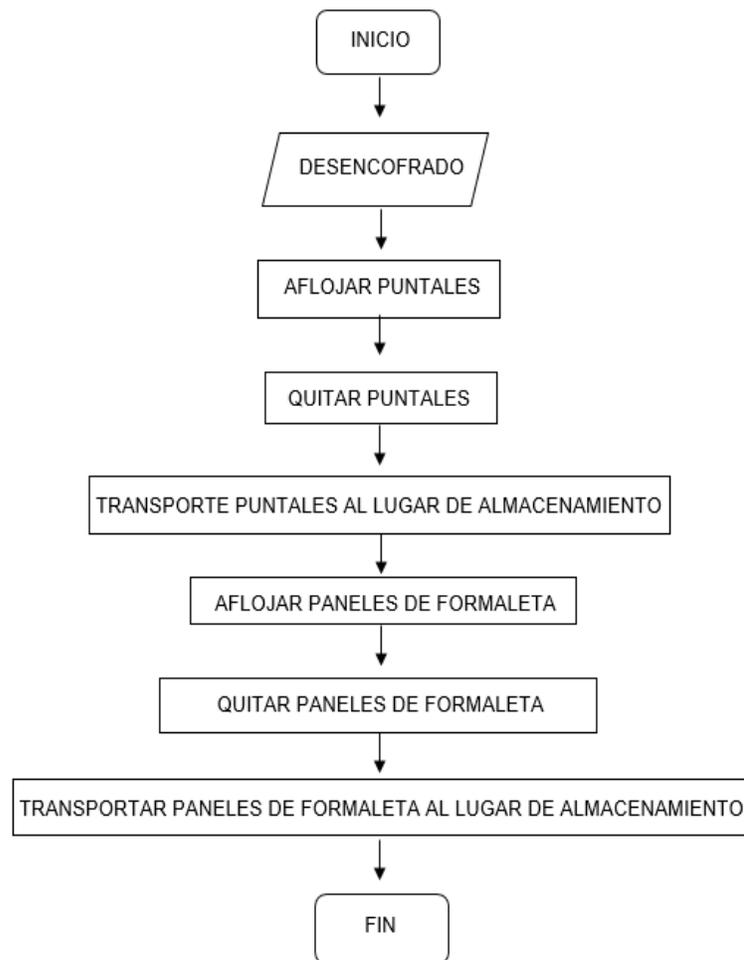


Figura 53. Diagrama de flujo del proceso desencofrado

CUADRO 38. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Puntales	Martillo
Ayudantes	Formaleta	Grúa torre
	Ties	Escalera
		Maso
		Pata de chancho
		Barra de acero
		Tenaza

CUADRO 39. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	62%
2 (Ayudante)	45%
3 (Ayudante)	47%
Cuadrilla	52%

CUADRO 40. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	106	25%
Quitando pin	135	32%
Caminando	29	7%
Buscando herramienta	2	0%
Aflojando panel	48	11%
Acarreando panel	15	4%
Acarreando materiales	1	0%
Limpiando área trabajo	15	4%
Ausente	26	6%
Acarreando herramienta	3	1%
Acomodando herramienta	2	0%
Bajando escaleras	3	1%
Hablando	13	3%
Quitando base madera	8	2%
Quitando panel	11	3%
Acomodándose	3	1%
Subiendo	4	1%
Total	424	100%

CUADRO 41. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Quitando pin	135	Acarreando panel	15	Esperando	106
Aflojando panel	48	Acarreando materiales	1	Caminando	29
Quitando base madera	8	Acarreando herramienta	3	Buscando herramienta	2
Quitando panel	11			Limpiando área trabajo	15
				Ausente	26
				Bajando escaleras	3
				Hablando	13
				Acomodando herramienta	2
				Acomodándose	3
				Subiendo	4
Total	202		19		203

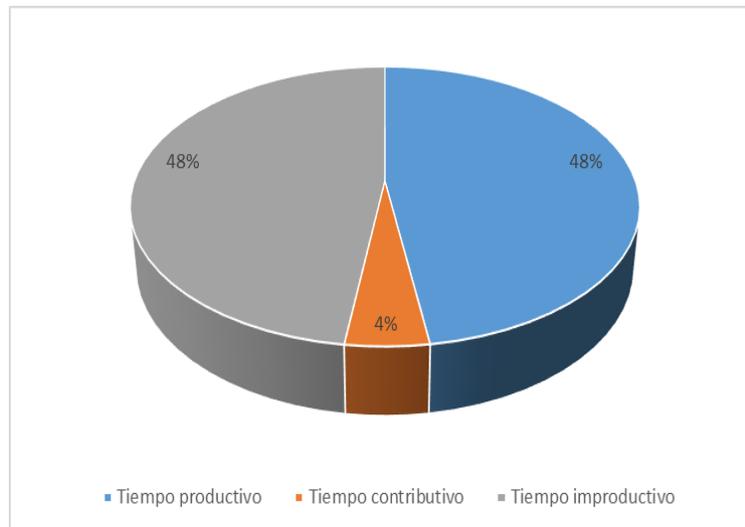


Figura 54. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

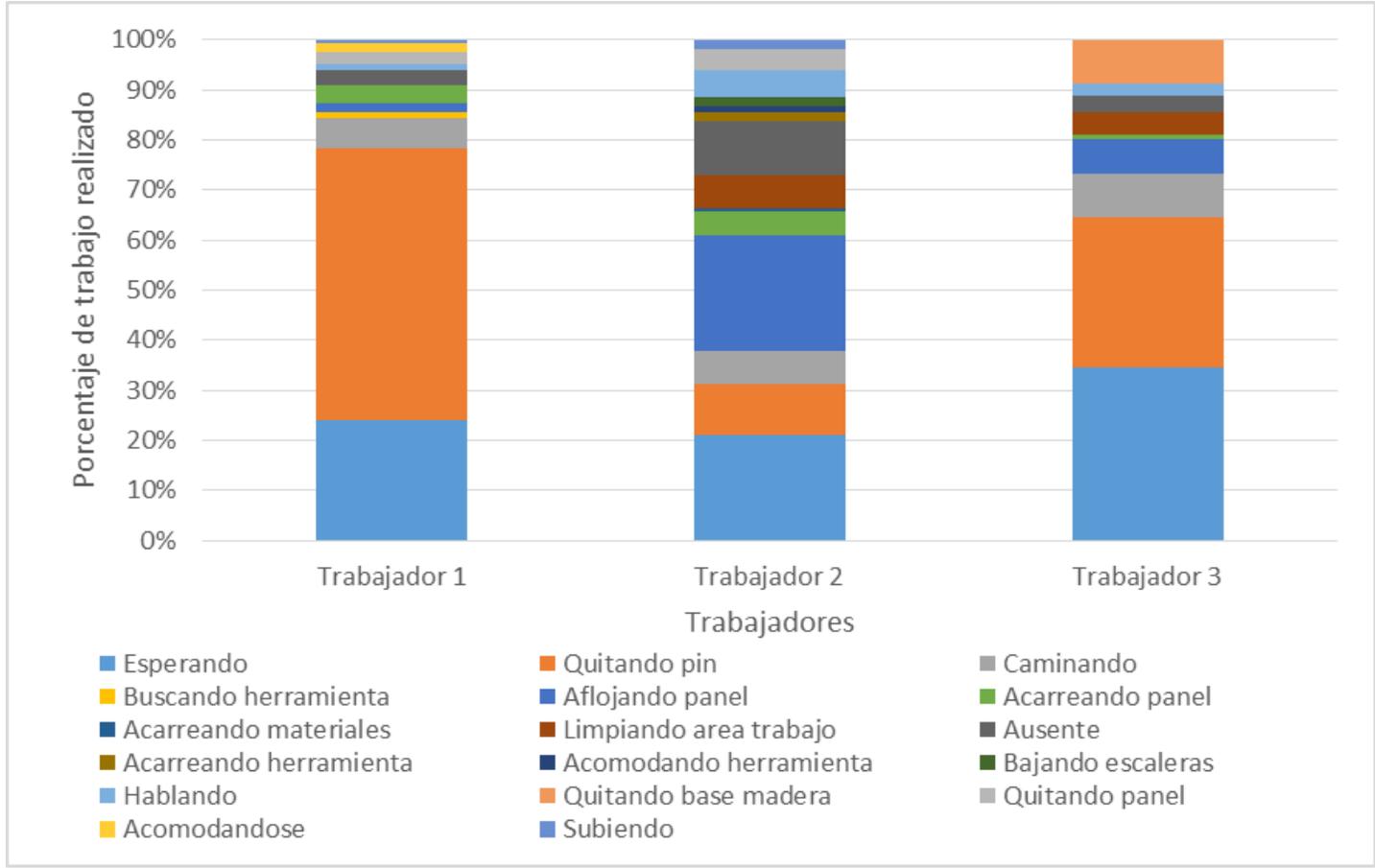


Figura 55. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 42. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medicion	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	23/2/2016	3	2,045	2,940	0,696
2	31/3/2016	4	3,667	2,074	1,768
3	21/4/2016	3	3,850	15,790	0,244
Rendimiento promedio					0,902
Desviacion estandar					0,783
Coeficiente de variacion					0,867
Rendimiento final					0,992

Actividad 2. Vigas de concreto

Seguidamente se podrá observar los resultados obtenidos para la actividad de vigas de concreto, en la cual se analizó la productividad de cada proceso y se calcularon los rendimientos respectivos de acuerdo a la cantidad de muestreos realizados.

Proceso 1. Colocación de formaleta base

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 56, en la cual se

ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 43 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 44 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 45 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 46 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 57. El Crew Balance se puede ver en la figura 58 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 47 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

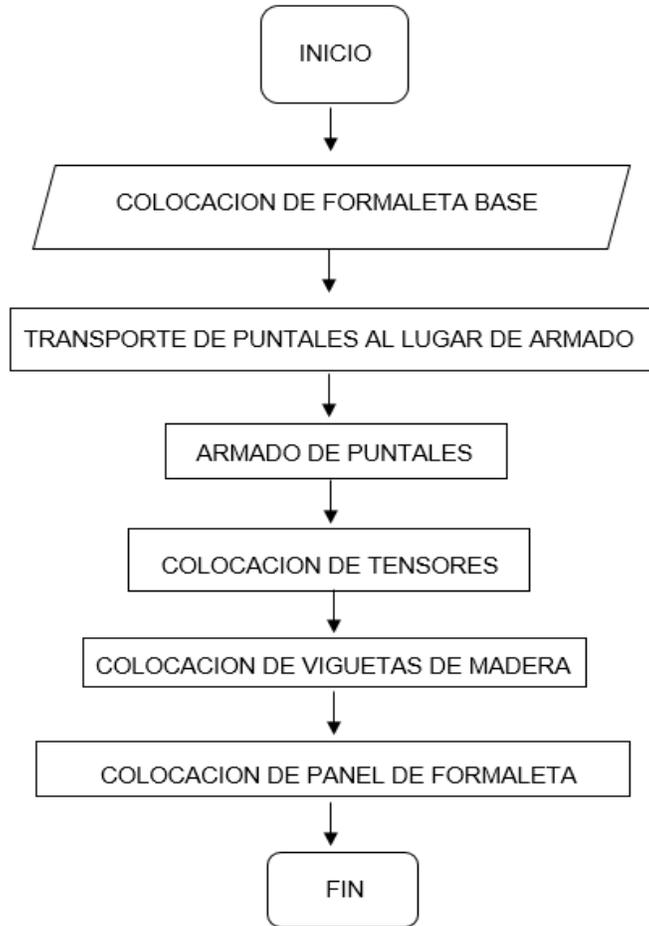


Figura 56. Diagrama de flujo del proceso colocacion de formaleta base

CUADRO 43. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Puntales	Grúa torre
Ayudantes	Formaleta	Escalera
	Varillas de acero	Martillo
	Alambre negro	Rodillo
	Desmoldante	Cinta metrica
	Vigueta madera	Tenaza

CUADRO 44. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	71%
2 (Ayudante)	71%
3 (Operario)	31%
Cuadrilla	58%

CUADRO 45. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAabajador		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Caminando	24	6%
Esperando	74	19%
Colocando tensor	1	0%
Amarrando tensores	136	35%
Acarreando herramienta	5	1%
Hablando	14	4%
Acarreando puntal	6	2%
Amarrando puntal	21	5%
Acarreando material	7	2%
Acomodando puntal	12	3%
Midiendo	9	2%
Buscando herramienta	1	0%
Cortando alambre negro	31	8%
Acomodándose	1	0%
Sosteniendo	1	0%
Colocando puntal	2	1%
Ausente	37	9%
Acomodando tensor	3	1%
Buscando material	4	1%
Acarreando tensores	4	1%
Total	393	100%

CUADRO 46. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Colocando tensor	1	Acarreando puntal	6	Caminando	24
Amarrando tensores	136	Acomodando puntal	12	Esperando	74
Amarrando puntal	21	Midiendo	9	Hablando	14
Colocando puntal	2	Cortando alambre negro	31	Buscando herramienta	1
		Sosteniendo	1	Acomodándose	1
		Acomodando tensor	3	Ausente	37
		Acarreando tensores	4	Buscando material	4
				Acarreando herramienta	5
				Acarreando material	7
Total	160		66		167

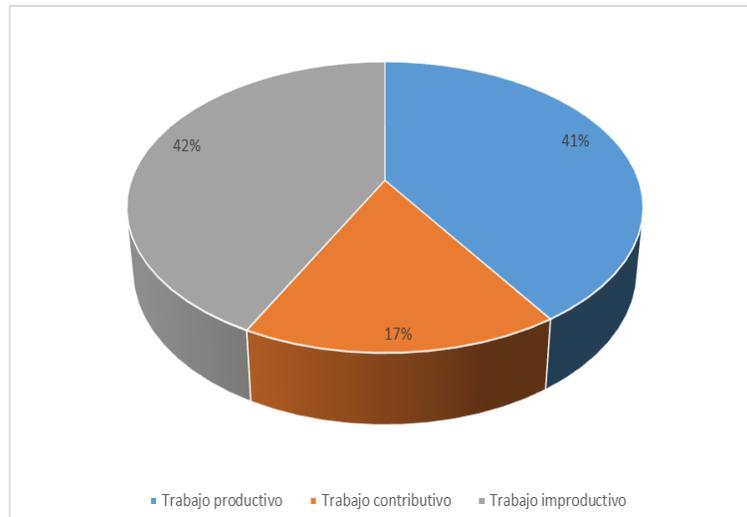


Figura 57. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

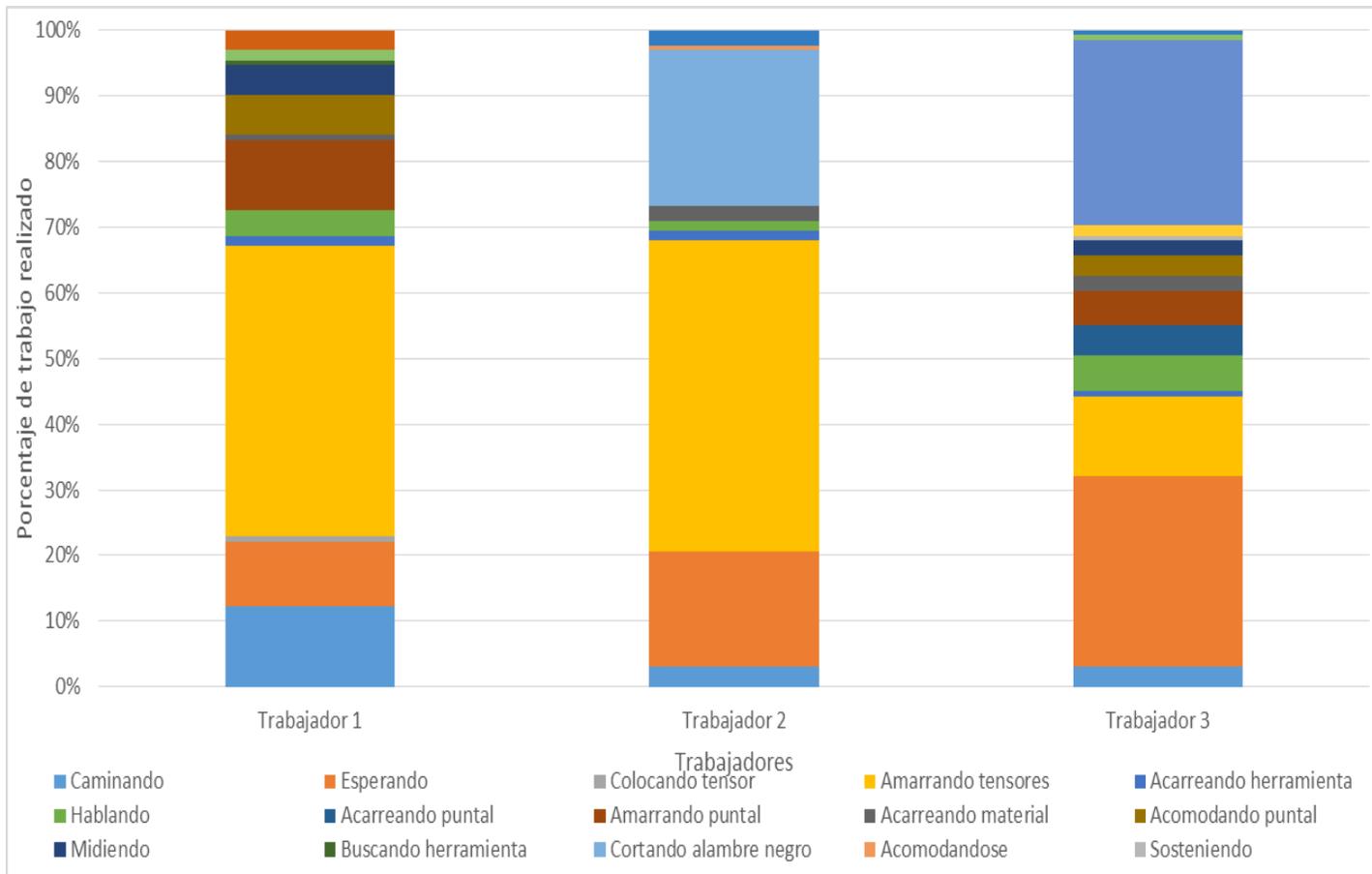


Figura 58. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 47. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	24/2/2016	3	2,030	1,220	1,664
2	30/3/2016	3	3,650	1,464	2,493
3	31/3/2016	2	7,460	3,390	2,201
Rendimiento promedio					2,119
Desviación estándar					0,421
Coeficiente de variación					0,198
Rendimiento final					2,329

Proceso 2. Confección de armadura para vigas

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 59, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 48 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 49 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 50 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 51 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 60. El Crew Balance se puede ver en la figura 61 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 52 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

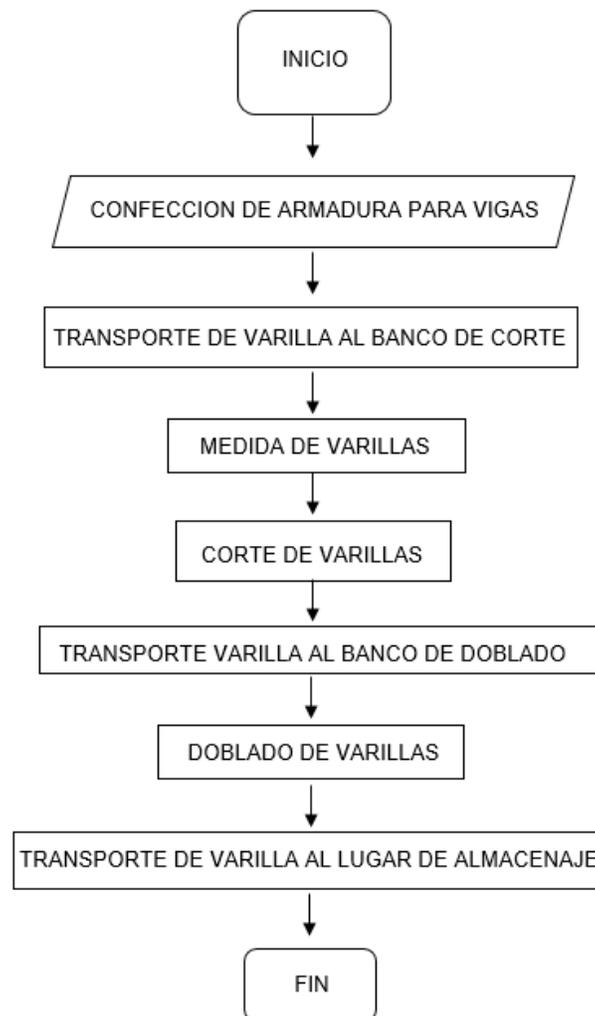


Figura 59. Diagrama de flujo del proceso confección de armadura para vigas

CUADRO 48. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Grifa
Ayudantes	Alambre negro	Máquina de corte varilla
		Banco de corte
		Cinta métrica
		Banco de doblado
		Esmeriladora

CUADRO 49. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	84%
2 (Operario)	78%
3 (Ayudante)	78%
Cuadrilla	80%

CUADRO 50. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Doblando aros	179	46%
Esperando	24	6%
Hablando	32	8%
Cortando varilla	55	14%
Acarreando varilla	60	16%
Caminando	23	6%
Midiendo varilla	7	2%
Doblando ganchos	7	2%
Total	387	100%

CUADRO 51. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Doblando aros	179	Acarreando varilla	60	Esperando	24
Doblando ganchos	7	Midiendo varilla	7	Hablando	32
		Cortando varilla	55	Caminando	23
Total	186		122		79

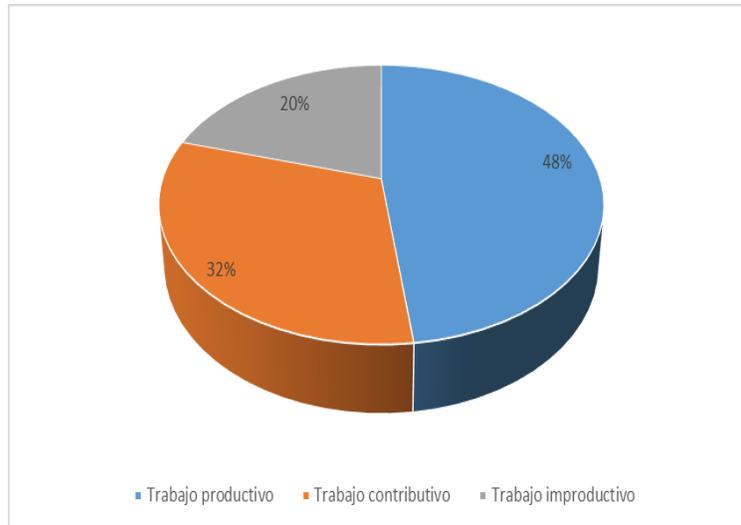


Figura 60. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

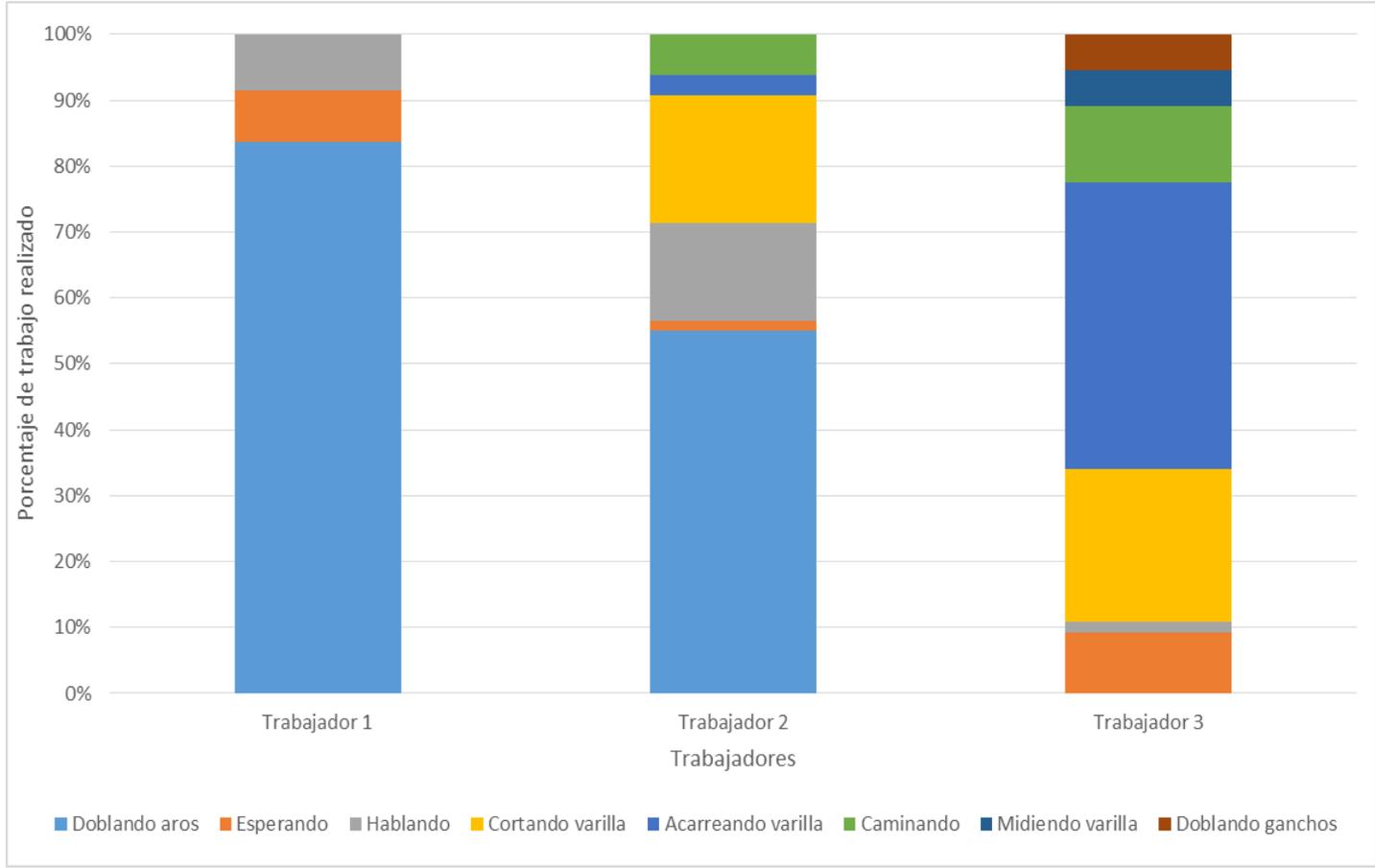


Figura 61. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 52. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	17/2/2016	4	1,553	33,550	0,046
2	24/2/2016	3	1,600	20,800	0,077
3	2/3/2016	3	2,050	24,520	0,084
Rendimiento promedio					0,069
Desviación estándar					0,020
Coeficiente de variación					0,289
Rendimiento final					0,076

Proceso 3. Armado de la estructura de viga

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 62, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 53 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 54 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 55 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 56 muestra la clasificación de las

tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 63. El Crew Balance se puede ver en la figura 64 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 57 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

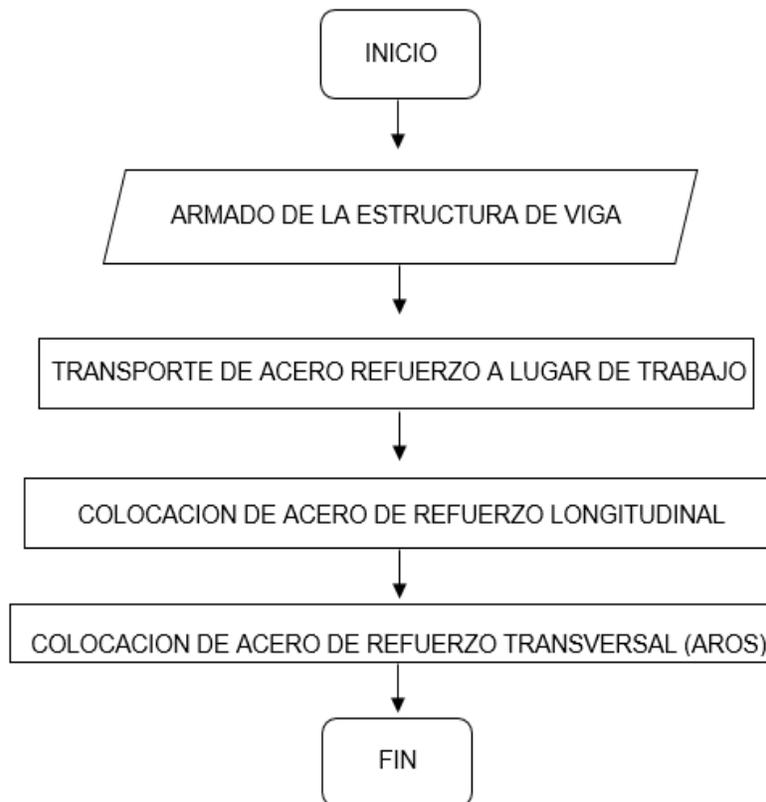


Figura 62. Diagrama de flujo del proceso armado de la estructura de viga

CUADRO 53. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Grúa torre
Ayudantes	Alambre negro	Grifa
		Cinta métrica
		Tenaza
		Nivel

CUADRO 54. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	43%
2 (Ayudante)	28%
Cuadrilla	36%

CUADRO 55. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAabajador		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Midiendo	11	3%
Esperando	77	20%
Ausente	132	34%
Acarreando aros	15	4%
Amarrando acero longitudinal	17	4%
Colocando aro	11	3%
Realizando traslape	8	2%
Hablando	11	3%
Bajando	4	1%
Bajando por materiales	2	1%
Abriendo paquete de aros	1	0%
Sosteniendo	4	1%
Guardando herramienta	1	0%
Acarreando alambre negro	2	1%
Caminando	2	1%
Buscando material	2	1%
Acomodándose	21	5%
Amarrando aro	72	18%
Acomodando alambre negro	1	0%
Total	394	100%

CUADRO 56. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Amarrando acero longitudinal	17	Midiendo	11	Esperando	77
Colocando aro	11	Acarreando aros	15	Ausente	132
Realizando traslape	8	Abriendo paquete de aros	1	Hablando	11
Amarrando aro	72	Sosteniendo	4	Bajando	4
		Acarreando alambre negro	2	Bajando por materiales	2
				Caminando	2
				Buscando material	2
				Guardando herramienta	1
				Acomodándose	21
				Acomodando alambre negro	1
Total	108		33		253

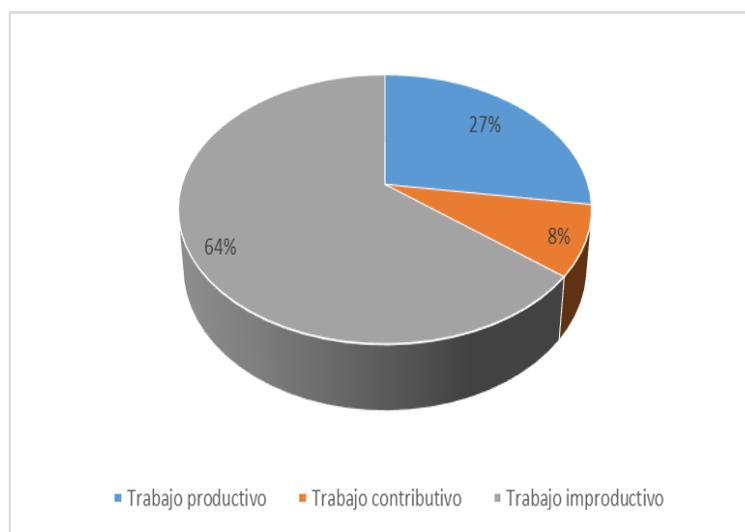


Figura 63. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

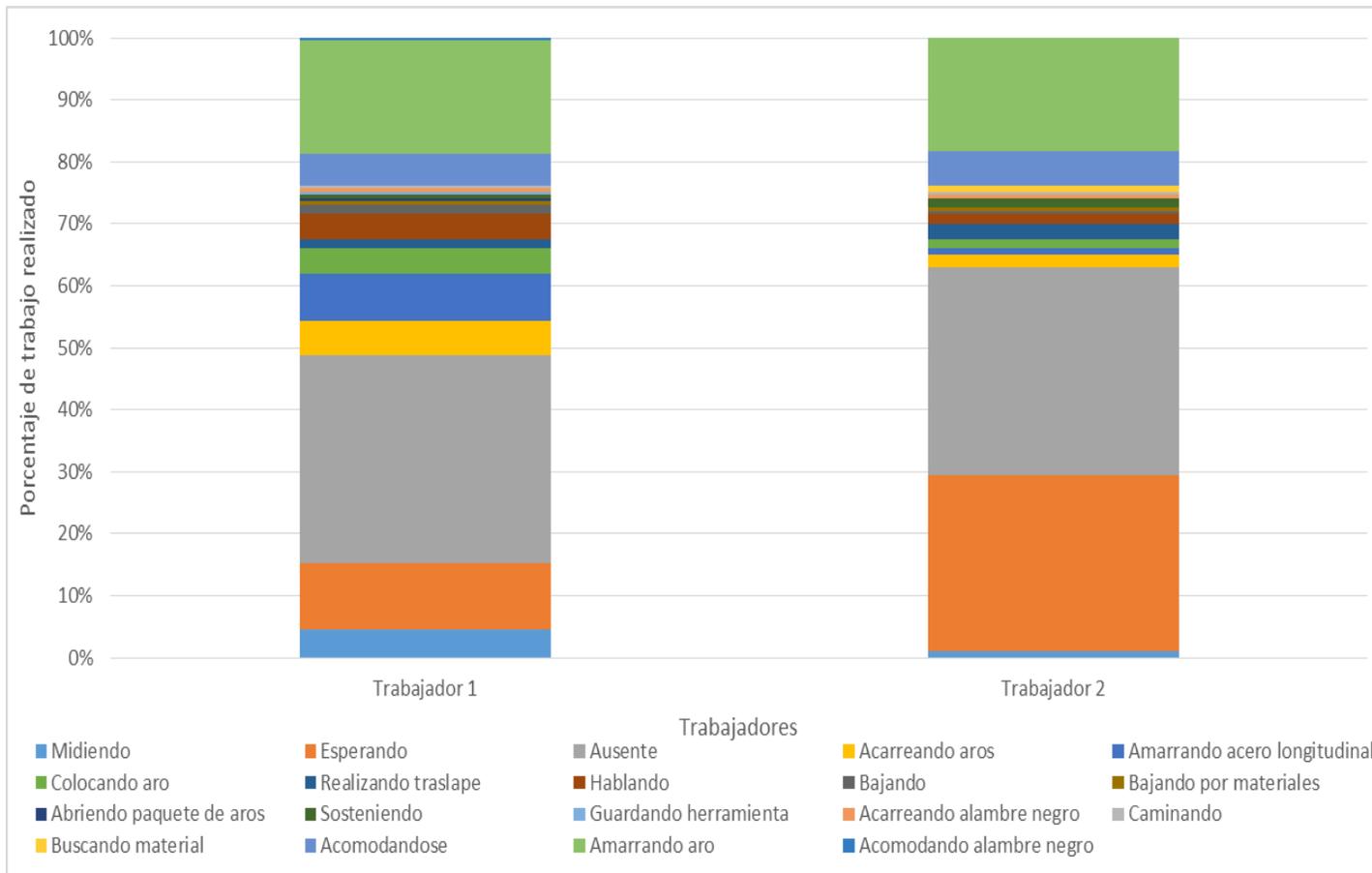


Figura 64. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 57. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	25/2/2016	2	1,597	54,028	0,030
2	4/4/2016	2	5,367	155,516	0,035
3	4/4/2016	3	8,050	191,266	0,042
Rendimiento promedio					0,035
Desviación estándar					0,006
Coeficiente de variación					0,178
Rendimiento final					0,039

Proceso 4. Colocación de formaleta lateral

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 65, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 58 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 59 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 60 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 61 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 66. El Crew Balance se puede ver en la figura 67 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 62 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

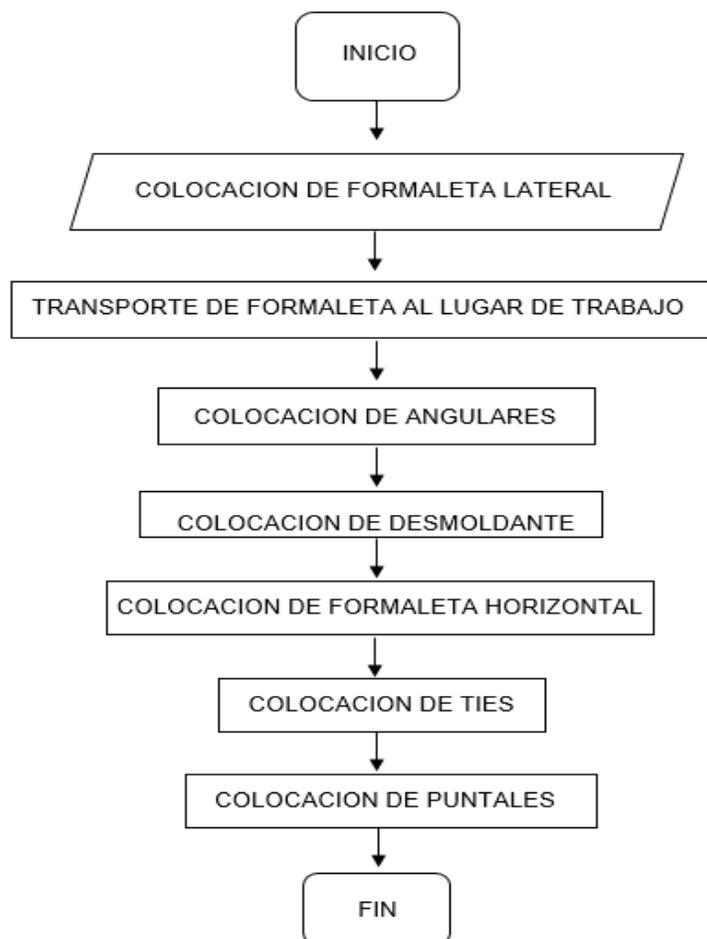


Figura 65. Diagrama de flujo del proceso colocacion de formaleta lateral

CUADRO 58. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Desmoldante	Martillo
Ayudantes	Clavos	Escoba
	Ties	Rodillo
	Formaleta	Escalera
	Angulares	Cinta
	Alambre negro	Nivel

CUADRO 59. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	68%
2 (Ayudante)	47%
3 (Ayudante)	23%
Cuadrilla	46%

CUADRO 60. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAabajador		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Amarrando panel	19	5%
Esperando	83	21%
Acomodándose	40	10%
Hablando	8	2%
Acomodando panel	2	1%
Caminando	31	8%
Bajando	4	1%
Acarreando pin	12	3%
Amarrando angular	88	23%
Acarreando angular	17	4%
Amarrando panel	8	2%
Acarreando panel	17	4%
Colocando desmoldante	7	2%
Limpiando panel	4	1%
Subiendo	3	1%
Colocando helados	4	1%
Buscando panel	4	1%
Acarreando helados	1	0%
Buscando angular	6	2%
Ausente	16	4%
Acomodando lugar	8	2%
Buscando pin	5	1%
Total	387	100%

CUADRO 61. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Amarrando panel	19	Acarreando pin	12	Esperando	83
Acomodando panel	2	Acarreando angular	17	Hablando	8
Amarrando angular	88	Acarreando panel	17	Caminando	31
Amarrando panel	8	Limpiando panel	4	Bajando	4
Colocando helados	4	Acarreando helados	1	Subiendo	3
Colocando desmoldante	7			Buscando panel	4
				Ausente	16
				Acomodando lugar	8
				Buscando pin	6
				Buscando angular	6
				Acomodándose	40
Total	128		51		208

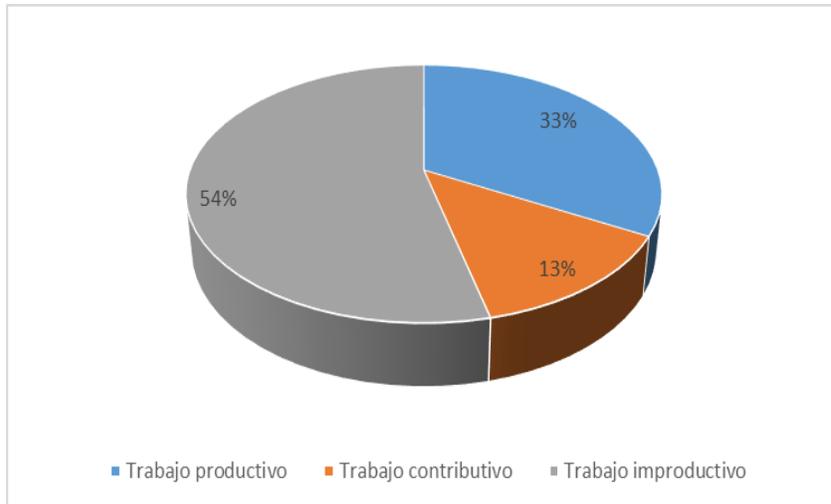


Figura 66. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

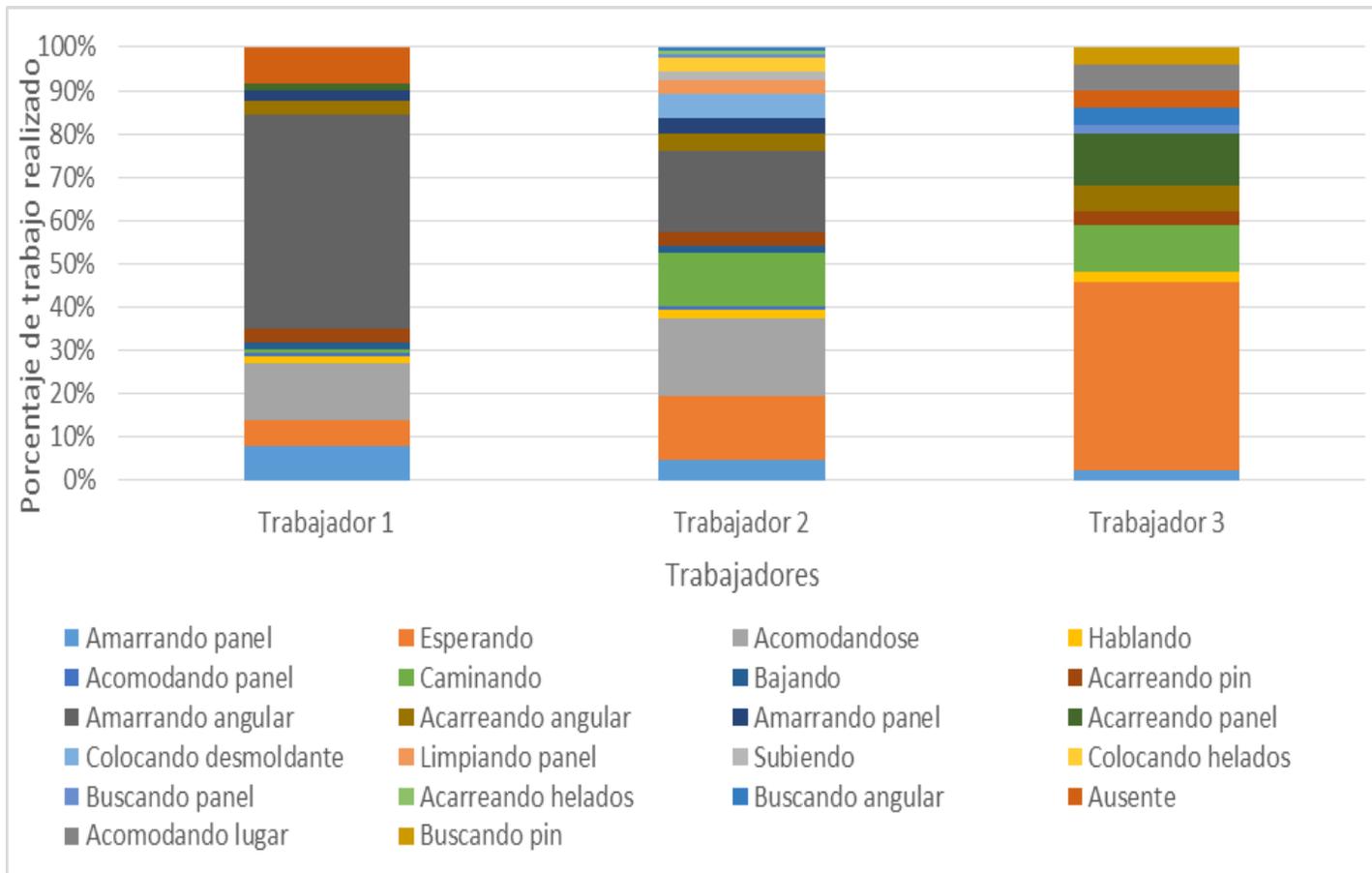


Figura 67. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 62. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	29/2/2016	3	1,893	2,928	0,647
2	5/4/2016	4	2,800	5,088	0,550
3	6/4/2016	4	2,600	4,368	0,595
Rendimiento promedio					0,597
Desviación estándar					0,048
Coeficiente de variación					0,081
Rendimiento final					0,657

Proceso 5. Fabricación de concreto

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 68, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 63 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 64 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 65 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 66 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 69. El Crew Balance se puede ver en la figura 70 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 67 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

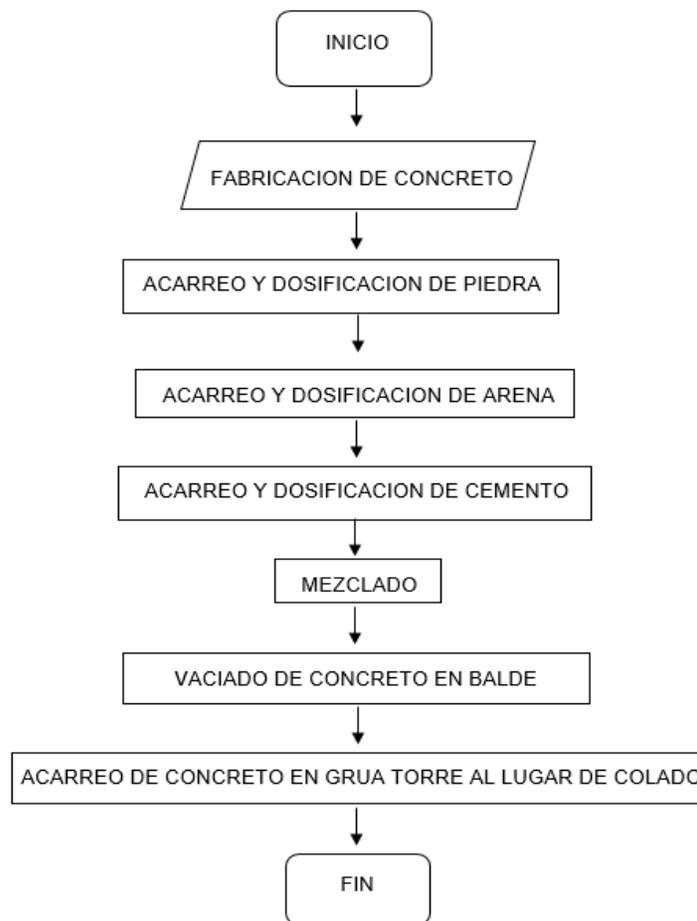


Figura 68. Diagrama de flujo del proceso fabricación de concreto

CUADRO 63. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Balde
Ayudantes	Aditivo	Batidora
		Grúa torre
		Back hoe

CUADRO 64. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	64%
2 (Operario)	26%
3 (Ayudante)	26%
4 (Ayudante)	24%
5 (Operario)	28%
Cuadrilla	34%

CUADRO 65. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAabajador		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Operando batidora	68	11%
Dosificando agua	4	1%
Acomodándose	9	1%
Esperando	342	54%
Acomodando balde	8	1%
Caminando	21	3%
Bajando	3	0%
Hablando	6	1%
Ausente	1	0%
Dosificando aditivo	8	1%
Dosificando piedra	8	1%
Acarreando	26	4%
Acarreando arena	11	2%
Acarreando piedra	8	1%
Dosificando arena	6	1%
Acarreando bolsa cemento	13	2%
Acarreando cemento	17	3%
Dosificando cemento	25	4%
Abriendo cemento	15	2%
Buscando entre sacos	1	0%
Operando grúa	35	6%
Total	635	100%

CUADRO 66. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Operando batidora	68	Acomodando balde	8	Acomodándose	9
Dosificando agua	4	Acarreando arena	11	Esperando	342
Dosificando aditivo	8	Acarreando piedra	8	Caminando	21
Dosificando piedra	8	Acarreando cemento	17	Bajando	3
Dosificando arena	6	Abriendo cemento	15	Hablando	6
Dosificando cemento	25			Ausente	1
Operando grúa	35			Acarreando	26
				Buscando entre sacos	1
				Acarreando bolsa cemento	13
Total	154		59		422

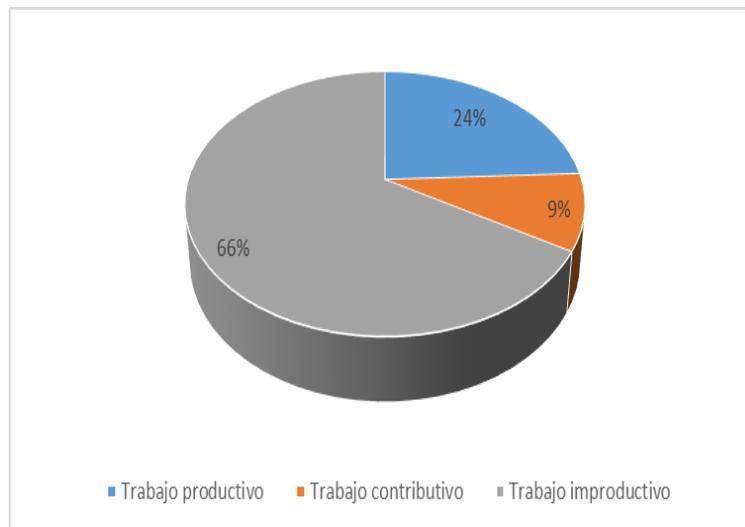


Figura 69. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

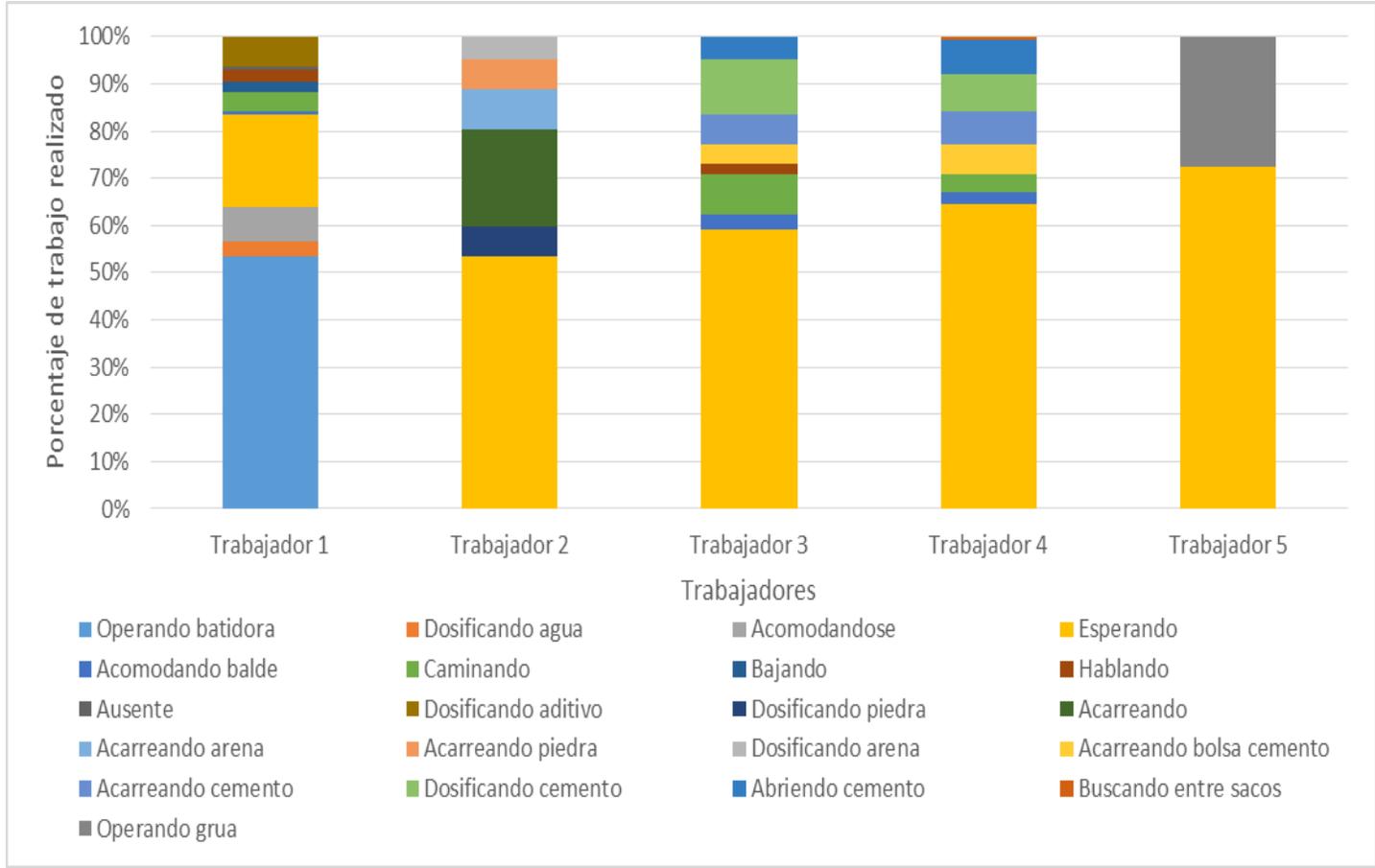


Figura 70. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 67. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	7/3/2016	5	2,596	2,400	1,082
2	8/4/2016	5	2,583	3,200	0,807
Rendimiento promedio					0,944
Desviación estándar					0,194
Coeficiente de variación					0,205
Rendimiento final					1,038

Proceso 6. Colado de concreto

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 71, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 68 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 69 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 70 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 71 muestra la clasificación de las

tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 72. El Crew Balance se puede ver en la figura 73 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 72 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

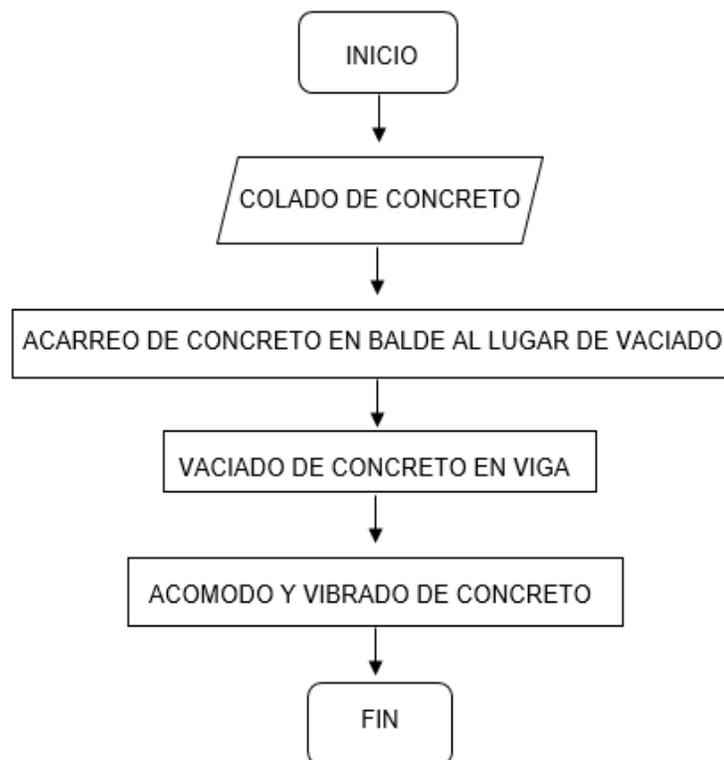


Figura 71. Diagrama de flujo del proceso colado de concreto

CUADRO 68. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Vibrador
Ayudantes		Maso de hule
		Llaneta
		Cuchara
		Balde
		Grúa torre
		Flota
		Codal

CUADRO 69. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	80%
2 (Ayudante)	66%
3 (Ayudante)	44%
4 (Operario)	56%
5 (Operario)	23%
6 (Ayudante)	51%
7 (Operario)	41%
8 (Ayudante)	30%
9 (Ayudante)	43%
10 (Operario)	37%
11 (Operario)	1%
12 (Operario)	35%
Cuadrilla	42%

CUADRO 70. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAabajador		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	413	34%
Sosteniendo balde	44	4%
Caminando	79	6%
Vibrando	71	6%
Dando ordenes	1	0%
Acarreando vibrador	1	0%
Sosteniendo vibrador	72	6%
Ausente	179	15%
Acarreando vibrador	2	0%
Acomodando vibrador	1	0%
Acomodando concreto	96	8%
Pasando codal	81	7%
Hablando	9	1%
Limpiando codal	1	0%
Acomodando manguera	5	0%
Acarreando herramienta	1	0%
Acarreando codal	3	0%
Pasando flota	39	3%
Acarreando flota	2	0%
Quitando guía	1	0%
Acarreando guía	2	0%
Lavando flota	6	0%
Acomodándose	12	1%
Dando acabado final	25	2%
Acarreando balde	2	0%
Recogiendo concreto balde	2	0%
Acarreando concreto	2	0%
Operando grúa	38	3%
Echando agua	34	3%
Total	1224	100%

CUADRO 71. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA

Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Sosteniendo balde	44	Dando ordenes	1	Esperando	413
Vibrando	71	Acarreando vibrador	1	Caminando	79
Acomodando concreto	96	Sosteniendo vibrador	72	Ausente	179
Pasando codal	81	Acarreando vibrador	2	Hablando	9
Pasando flota	39	Acomodando vibrador	1	Acomodando manguera	5
Dando acabado final	25	Limpiando codal	1	Acarreando herramienta	1
Operando grúa	38	Acarreando balde	2	Acomodándose	12
		Recogiendo concreto balde	2	Lavando flota	6
		Acarreando concreto	2	Acarreando guía	2
		Echando agua	34		
		Acarreando codal	3		
		Acarreando flota	2		
		Quitando guía	1		
Total	394		124		706

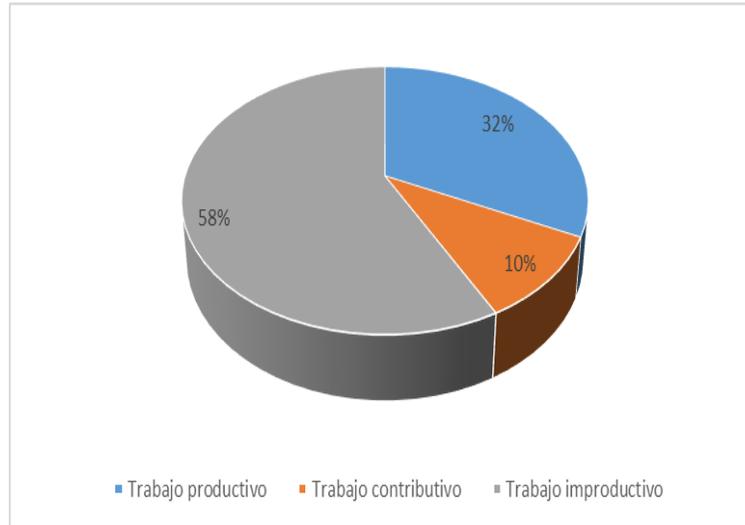


Figura 72. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

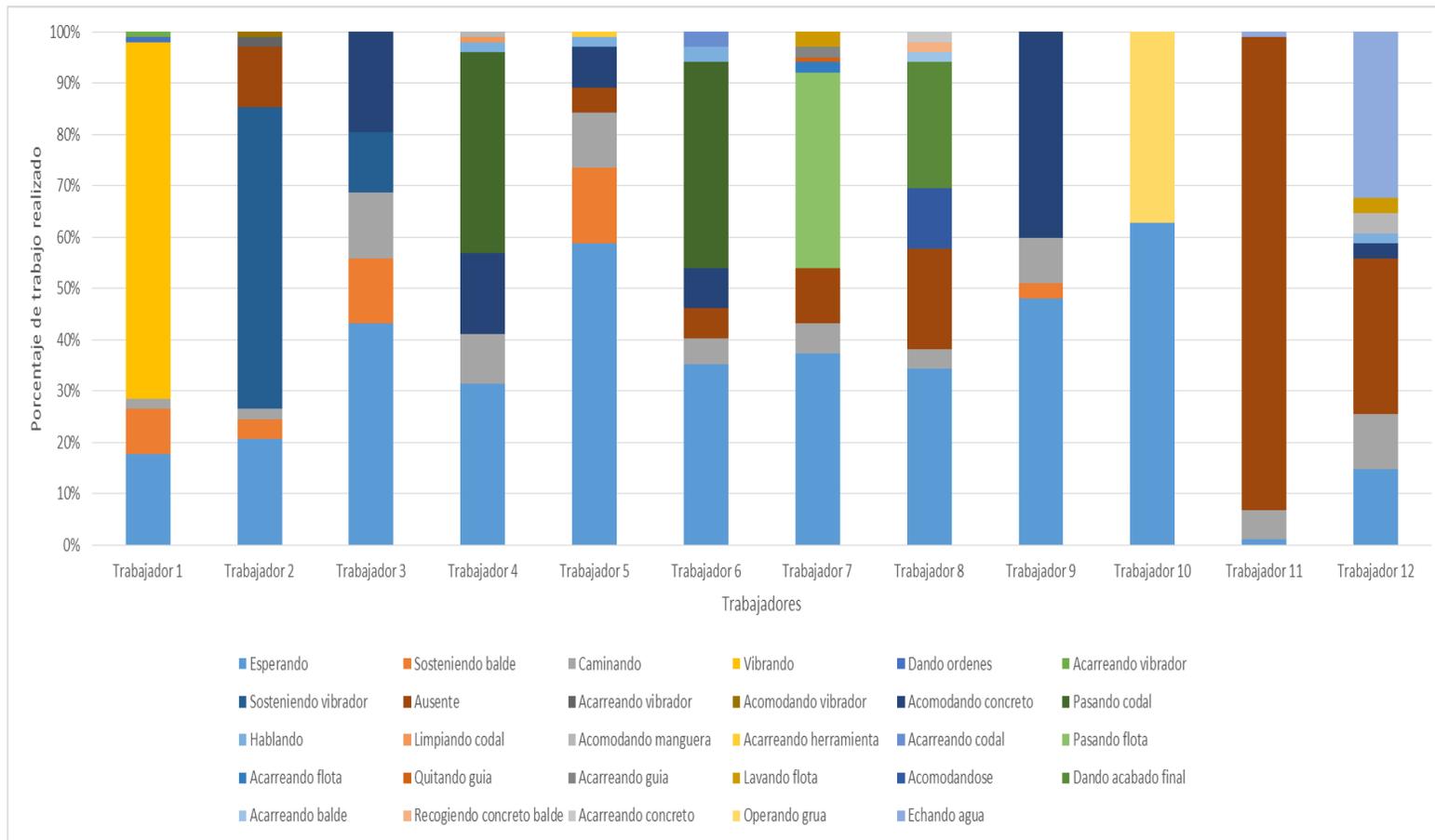


Figura 73. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 72. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	7/3/2016	12	5,030	2,800	1,796
2	8/4/2016	10	5,167	3,200	1,615
Rendimiento promedio					1,706
Desviación estándar					0,129
Coeficiente de variación					0,075
Rendimiento final					1,874

Proceso 7. Desencofrado

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 74, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 73 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 74 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 75 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 76 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 75. El Crew Balance se puede ver en la figura 76 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 77 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

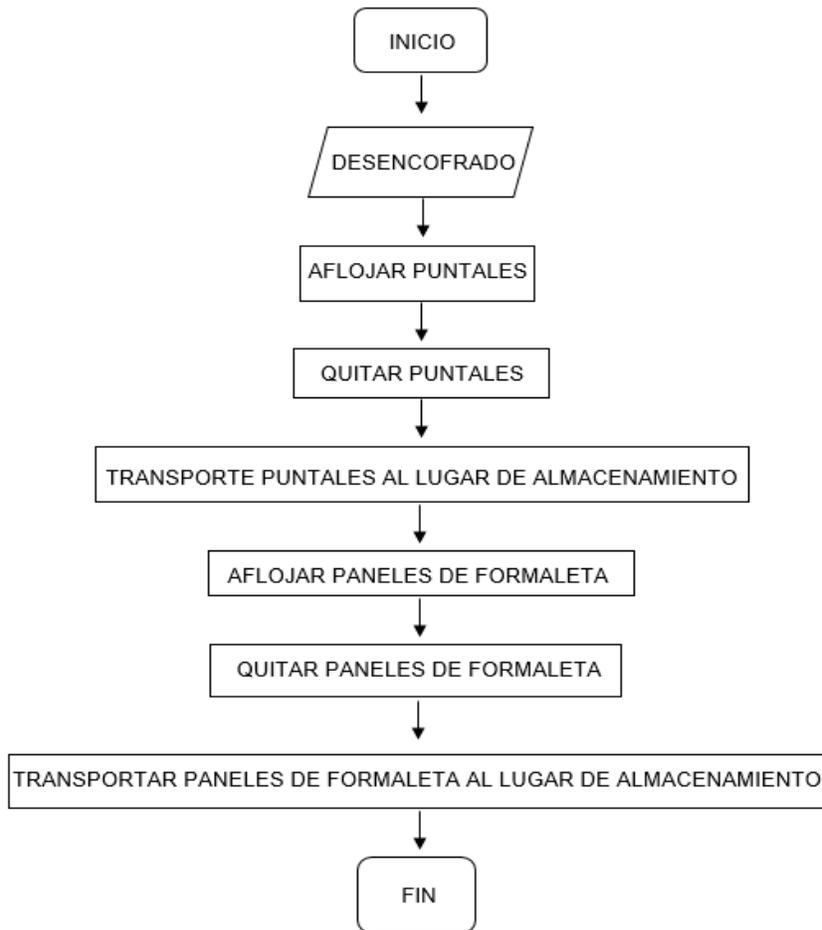


Figura 74. Diagrama de flujo del proceso de desencofrado

CUADRO 73. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Puntales	Martillo
Ayudantes	Formaleta	Escalera
	Ties	Maso
		Pata de chancho
		Barra de acero
		Tenaza

CUADRO 74. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	23%
2 (Ayudante)	38%
3 (Ayudante)	35%
4 (Ayudante)	39%
5 (Ayudante)	79%
Cuadrilla	37%

CUADRO 75. TAREAS REALIZADAS POR CADATRAJADOR		
Tarea	# de Observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	111	24%
Quitando puntal	32	7%
Caminando	32	7%
Hablando	3	1%
Quitando panel	19	4%
Acarreando herramienta	4	1%
Acomodándose	13	3%
Quitando vigueta	73	16%
Colocando puntal	26	6%
Ausente	94	21%
Acarreando panel	2	0%
Acarreando andamio	7	2%
Acarreando puntal	24	5%
Acarreando vigueta	11	2%
Sosteniendo vigueta	3	1%
Total	454	100%

CUADRO 76. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA

Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Quitando puntal	32	Acarreando panel	2	Esperando	111
Quitando panel	19	Acarreando andamio	7	Caminando	32
Quitando vigueta	73	Acarreando puntal	24	Hablando	3
		Acarreando vigueta	11	Acomodándose	13
		Sosteniendo vigueta	3	Ausente	94
				Acarreando herramienta	4
				Colocando puntal	26
Total	124		47		283

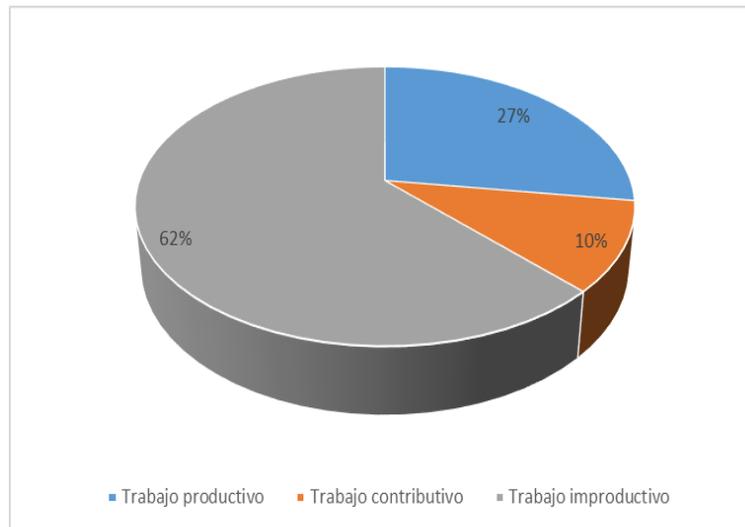


Figura 75. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

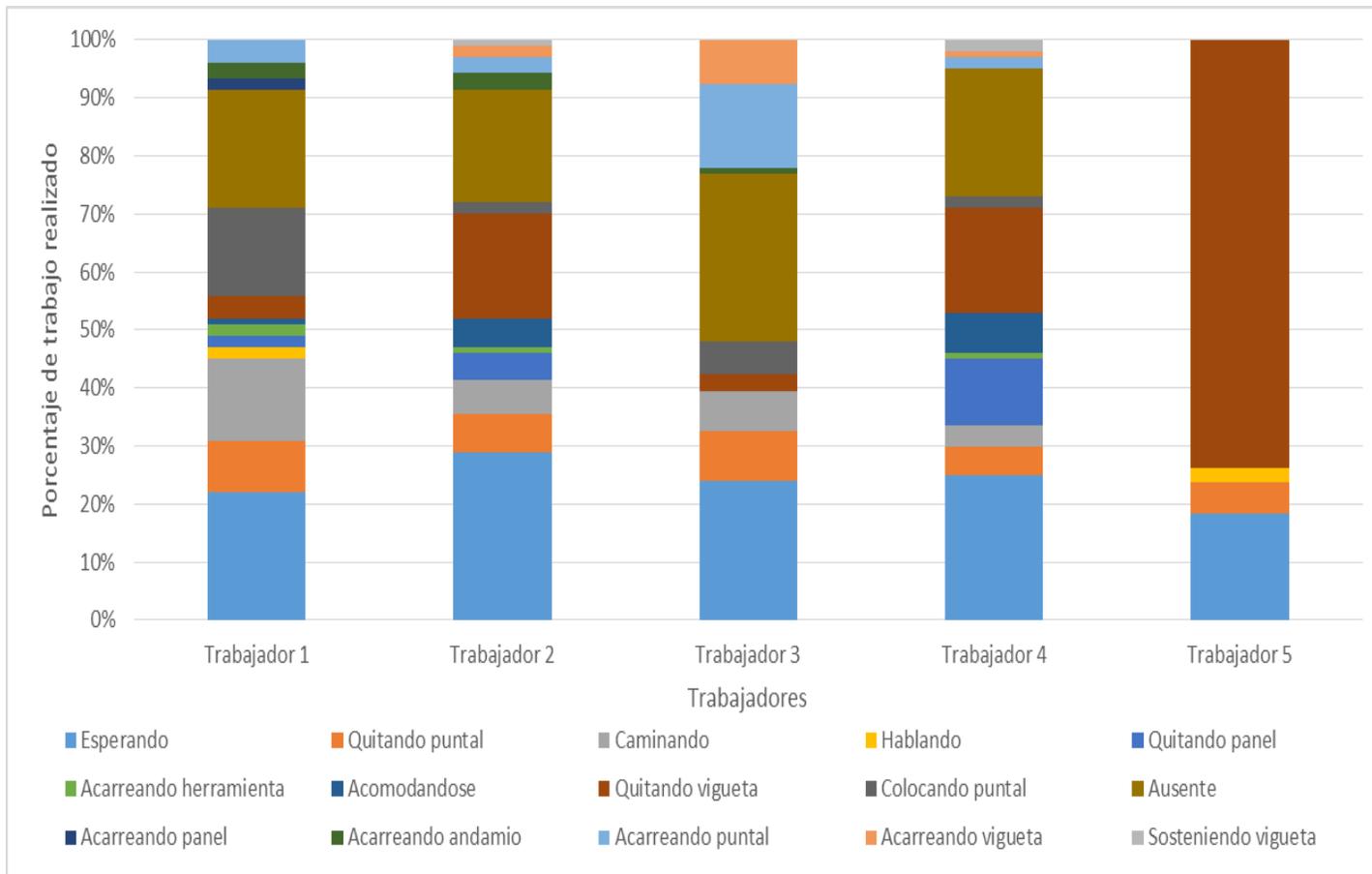


Figura 76. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 77. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	29/3/2016	5	7,318	7,800	0,938
2	31/3/2016	2	5,140	3,670	1,401
3	4/4/2016	1	2,767	1,762	1,570
Rendimiento promedio					1,303
Desviación estándar					0,327
Coeficiente de variación					0,251
Rendimiento final					1,432

Actividad 3. Entrepiso

A partir de aquí se presentaran los resultados obtenidos de la actividad de entrepiso a cada proceso analizado.

Proceso 1. Armado de bases para losa

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 77, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 78 muestra la lista de recursos que se

necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 79 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 80 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 81 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 78. El Crew Balance se puede ver en la figura 79 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 82 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

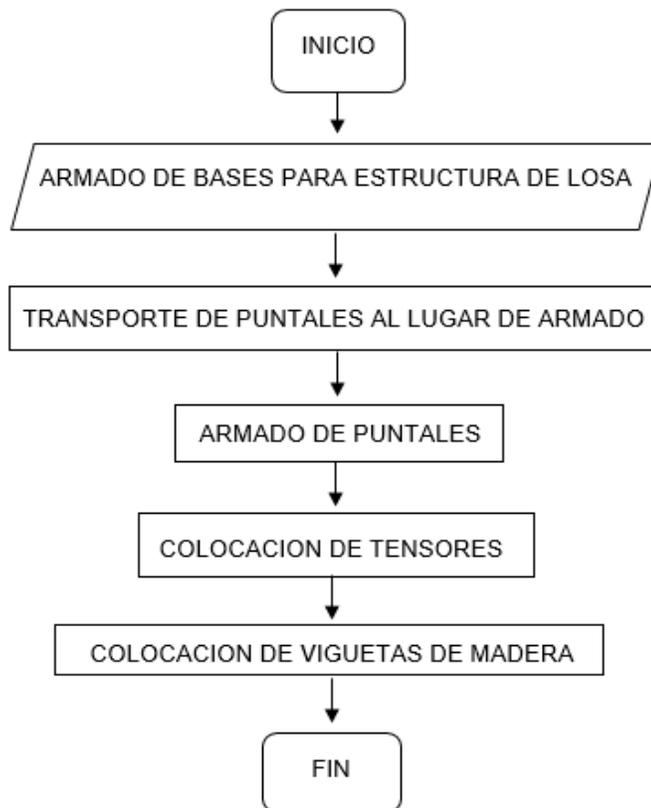


Figura 77. Diagrama de flujo del proceso armado de bases para estructura de losa

CUADRO 78. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Puntales	Grúa torre
Ayudantes	Formaleta	Escalera
Peones	Varillas de acero	Martillo
	Alambre negro	Cinta métrica
		Tenaza

CUADRO 79. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	68%
2 (Ayudante)	65%
3 (Peón)	71%
Cuadrilla	68%

CUADRO 80. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	65	17%
Bajando	10	3%
Colocando tensor	4	1%
Hablando	8	2%
Amarrando tensor	65	17%
Acomodándose	12	3%
Amarrando vigueta	15	4%
Caminando	14	4%
Amarrando puntal	1	0%
Colocando vigueta	3	1%
Subiendo	1	0%
Acarreando alambre negro	5	1%
Midiendo	2	1%
Cortando alambre negro	13	3%
Acomodando puntal	52	14%
Buscando herramienta	2	1%
Guardando herramienta	2	1%
Acarreando varilla de tensor	11	3%
Acarreando puntal	11	3%
Sosteniendo puntal	31	8%
Acomodando tensor	5	1%
Acomodando herramienta	1	0%
Colocando vigueta	1	0%
Acarreando vigueta	14	4%
Ausente	9	2%
Buscando alambre negro	4	1%
Sosteniendo tensor	24	6%
Total	385	100%

CUADRO 81. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Colocando tensor	4	Acarreando alambre negro	5	Esperando	65
Amarrando tensor	65	Midiendo	2	Bajando	10
Amarrando vigueta	15	Cortando alambre negro	13	Hablando	8
Amarrando puntal	1	Acarreando varilla de tensor	11	Acomodándose	12
Colocando vigueta	3	Acarreando puntal	11	Caminando	14
Acomodando puntal	52	Sosteniendo puntal	31	Subiendo	1
Acomodando tensor	5	Acarreando vigueta	14	Buscando herramienta	2
Colocando vigueta	1	Sosteniendo tensor	24	Guardando herramienta	2
				Ausente	9
				Buscando alambre negro	4
				Acomodando herramienta	1
Total	146		111		128

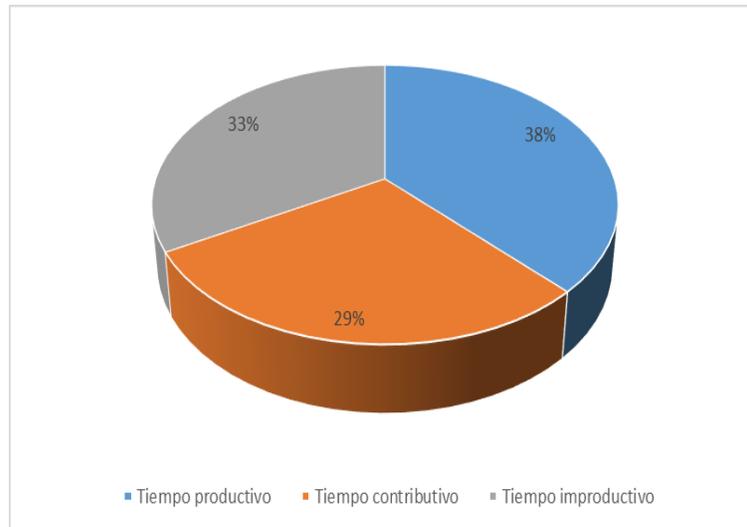


Figura 78. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

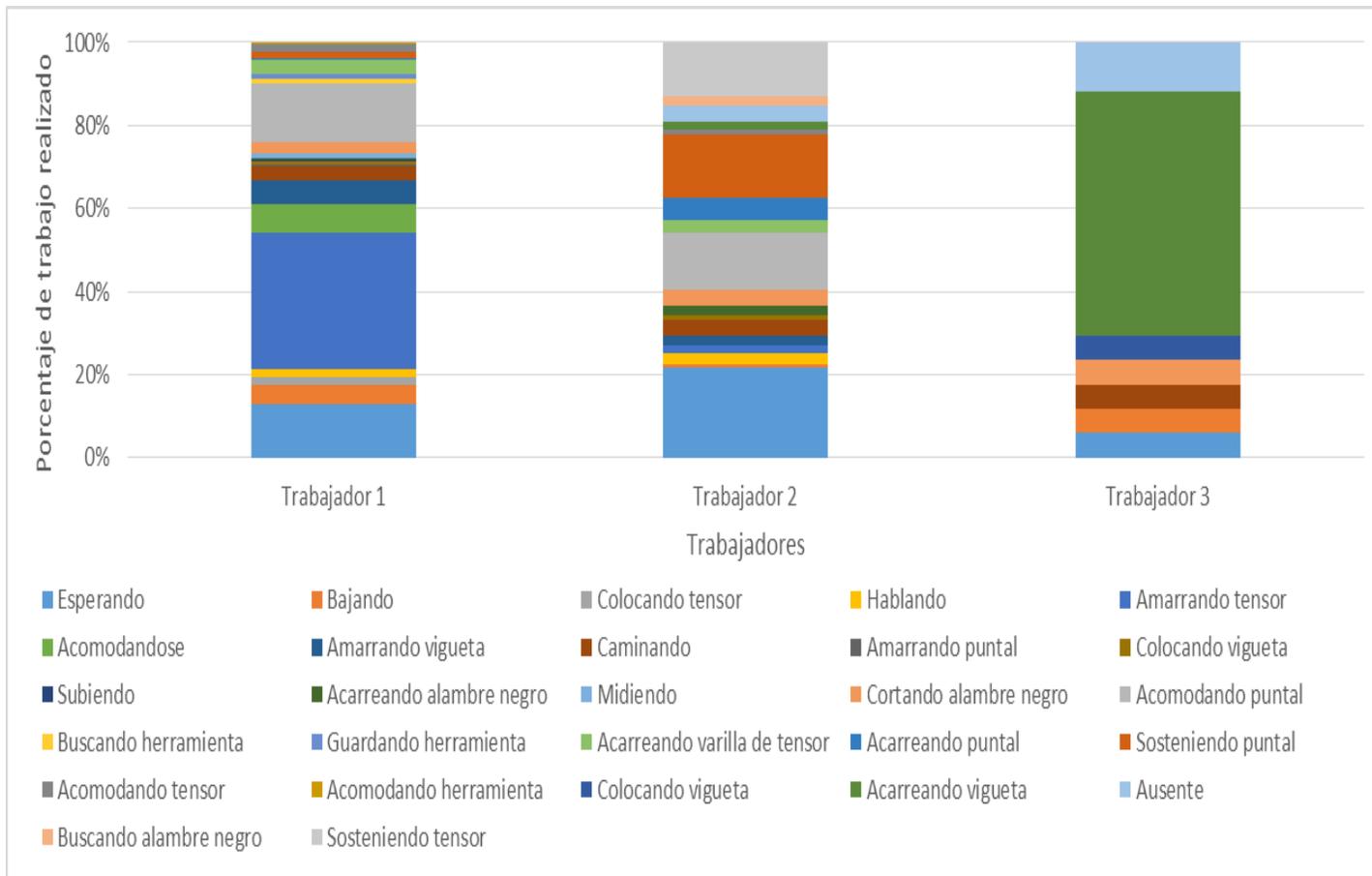


Figura 79. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 82. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	2/3/2016	3	1,950	16,880	0,116
2	26/2/2016	5	2,667	11,810	0,226
3	12/4/2016	2	1,833	8,611	0,213
Rendimiento promedio					0,185
Desviación estándar					0,060
Coeficiente de variación					0,326
Rendimiento final					0,203

Proceso 2. Colocación de losa prefabricada

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 80, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 83 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 84 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 85 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 86 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 81. El Crew Balance se puede ver en la figura 82 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 87 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en tres muestreos en diferentes momentos.

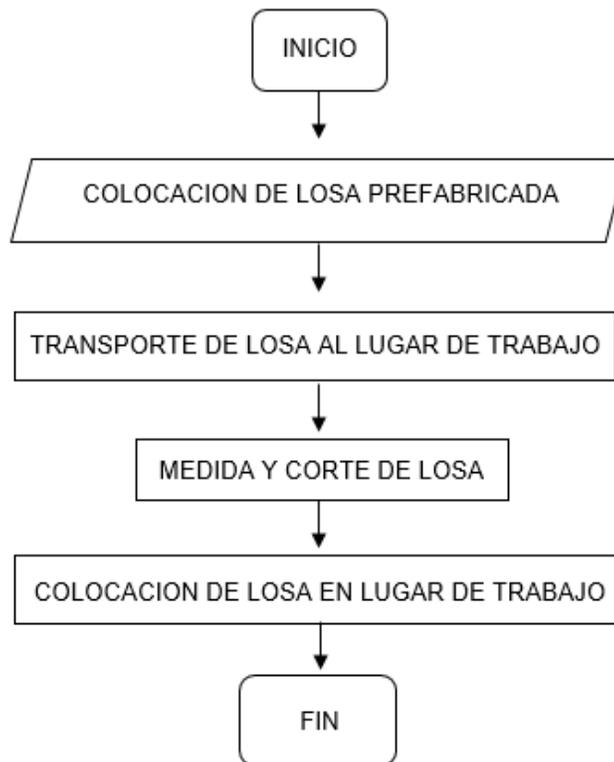


Figura 80. Diagrama de flujo del proceso colocacion de losa prefabricada

CUADRO 83. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Losa prefabricada	Esmeriladora
Ayudantes		Grúa torre
		Barra de acero

CUADRO 84. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Ayudante)	2%
2 (Ayudante)	22%
3 (Ayudante)	1%
4 (Ayudante)	18%
5 (Operario)	11%
6 (Operario)	27%
Cuadrilla	14%

CUADRO 85. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Caminando	7	1%
Acomodando losa	53	7%
Ausente	227	31%
Esperando	372	51%
Quitando amarras	12	2%
Hablando	22	3%
Operando grúa	33	5%
Total	726	100%

CUADRO 86. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Acomodando losa	53	Quitando amarras	12	Caminando	7
Operando grúa	33			Ausente	227
				Esperando	372
				Hablando	22
Total	86		12		628

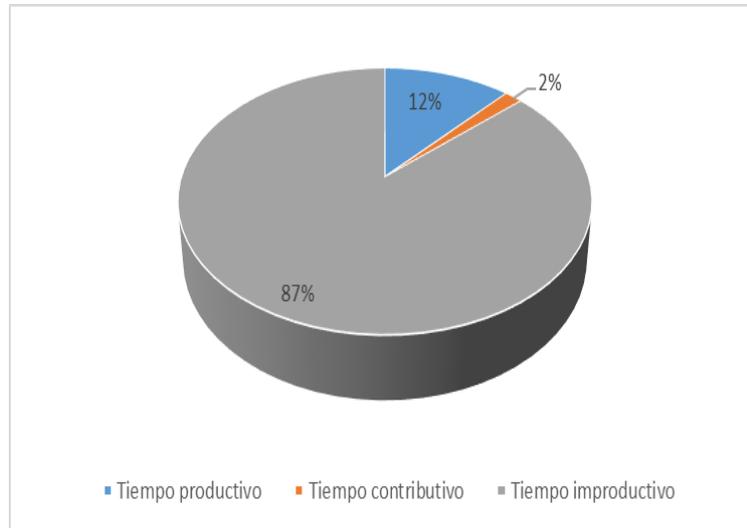


Figura 81. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

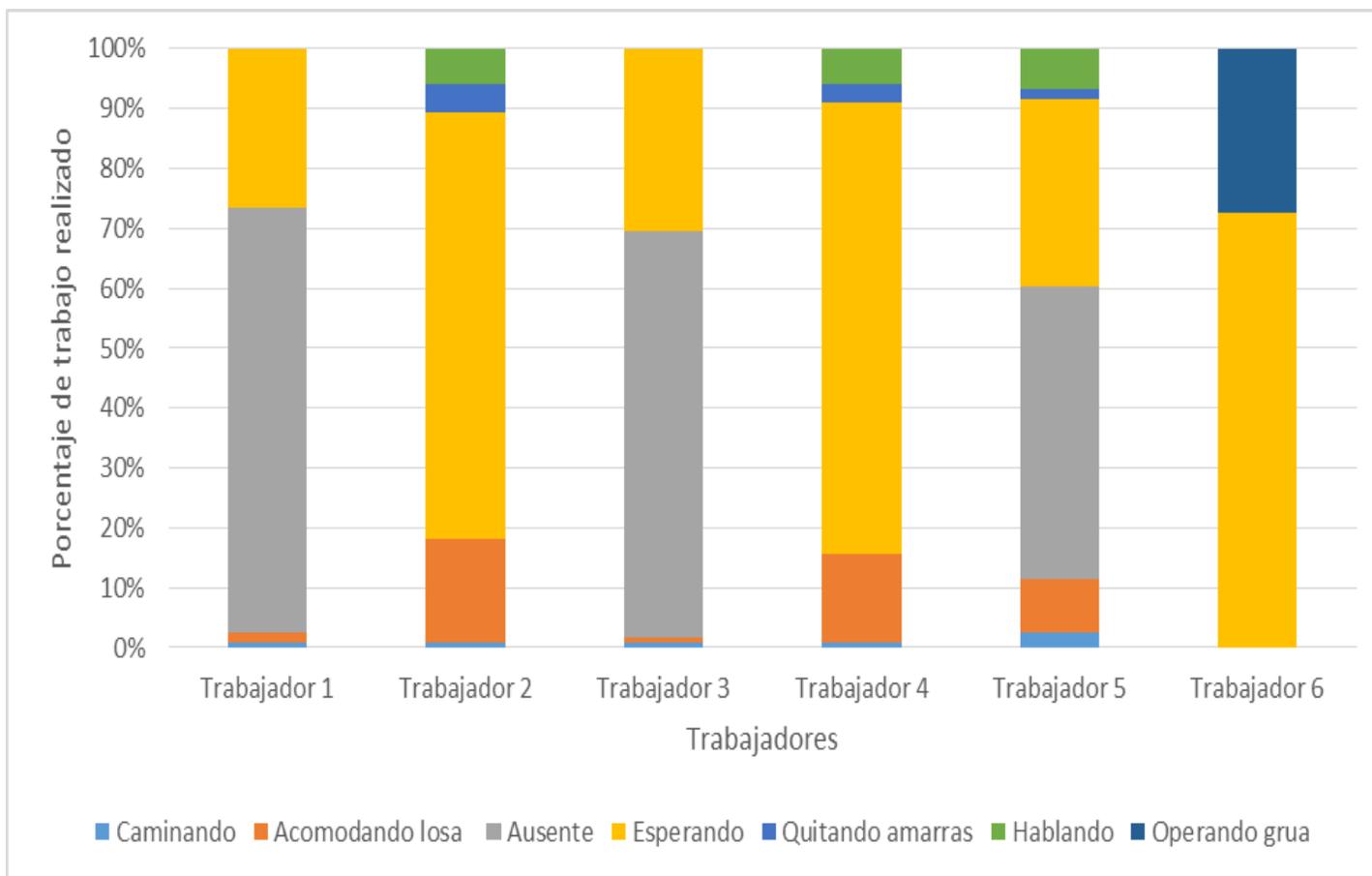


Figura 82. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 87. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	1/3/2016	6	3,600	18,830	0,191
2	26/2/2016	7	3,683	11,550	0,319
3	13/4/2016	5	4,167	8,611	0,484
Rendimiento promedio					0,331
Desviación estándar					0,147
Coeficiente de variación					0,443
Rendimiento final					0,364

Proceso 3. Colocación de armadura para losa

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 83, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 88 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 89 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 90 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 91 muestra la clasificación de las

tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 84. El Crew Balance se puede ver en la figura 85 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 92 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

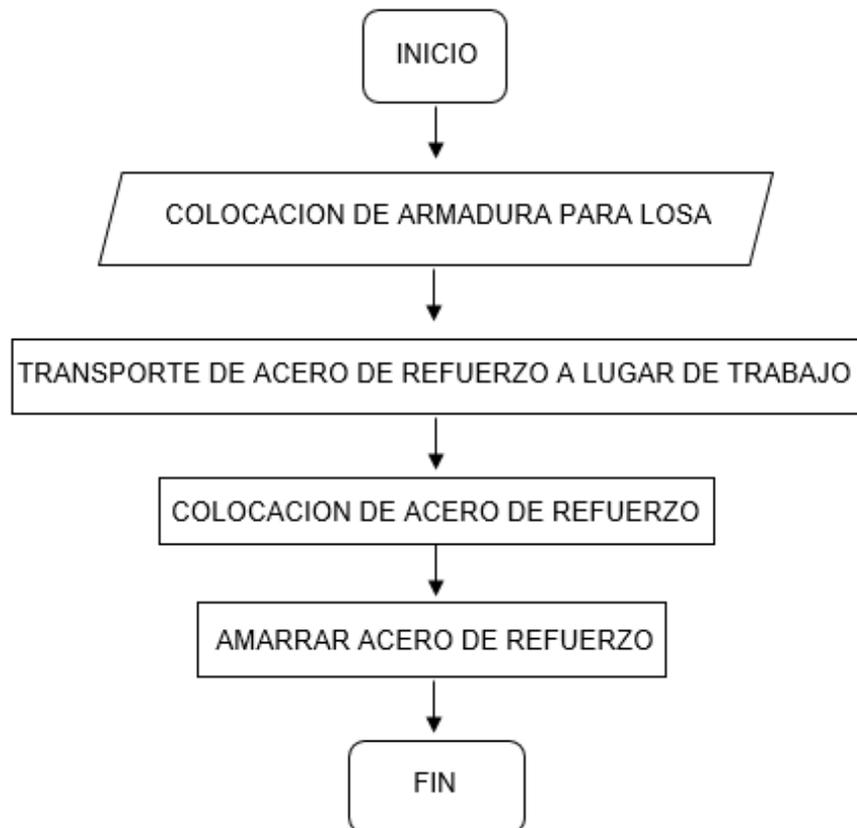


Figura 83. Diagrama de flujo del proceso colocacion de armadura para losa

CUADRO 88. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Varillas de acero	Tenaza
Ayudantes	Alambre negro	Cinta métrica
Peones		Grifa

CUADRO 89. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	47%
2 (Ayudante)	16%
3 (Operario)	75%
4 (Ayudante)	73%
Cuadrilla	53%

CUADRO 90. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Caminando	33	7%
Esperando	72	14%
Colocando varilla	20	4%
Hablando	20	4%
Amarrando varilla	189	38%
Acomodándose	17	3%
Acomodando varilla	35	7%
Acarreando varilla	20	4%
Ausente	74	15%
Sosteniendo	20	4%
Subiendo	2	0%
Acarreando alambre negro	2	0%
Total	504	100%

CUADRO 91. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Colocando varilla	20	Acarreando varilla	20	Caminando	33
Amarrando varilla	189	Acarreando alambre negro	2	Esperando	72
Acomodando varilla	35			Hablando	20
				Acomodándose	17
				Ausente	74
				Subiendo	2
				Sosteniendo	20
Total	244		22		238

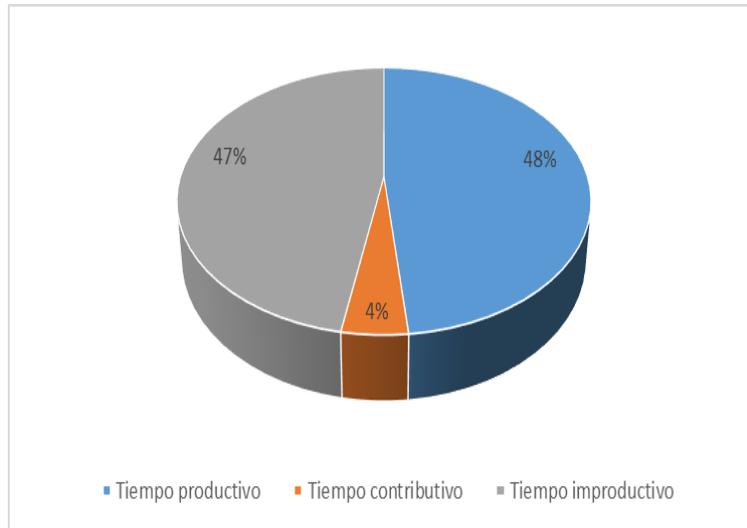


Figura 84. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

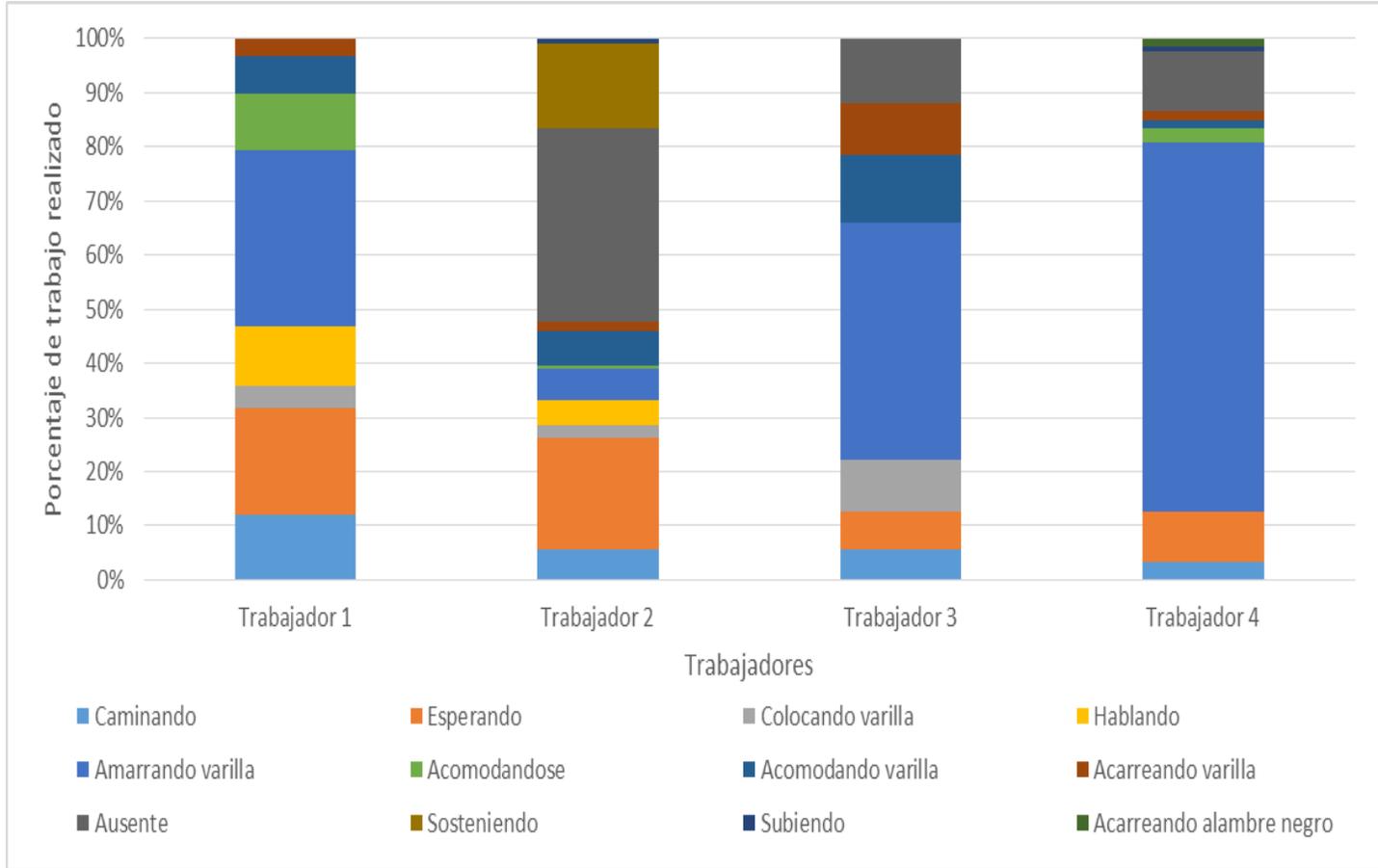


Figura 85. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 92. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	27/2/2016	4	2,040	87,495	0,023
2	29/2/2016	4	2,267	89,540	0,025
Rendimiento promedio					0,024
Desviación estándar					0,001
Coeficiente de variación					0,058
Rendimiento final					0,027

Proceso 4. Fabricación de concreto

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 86, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 93 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 94 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 95 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además

representa la cantidad de veces que se llevaron a cabo, el cuadro 96 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 87. El Crew Balance se puede ver en la figura 88 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupo cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 97 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

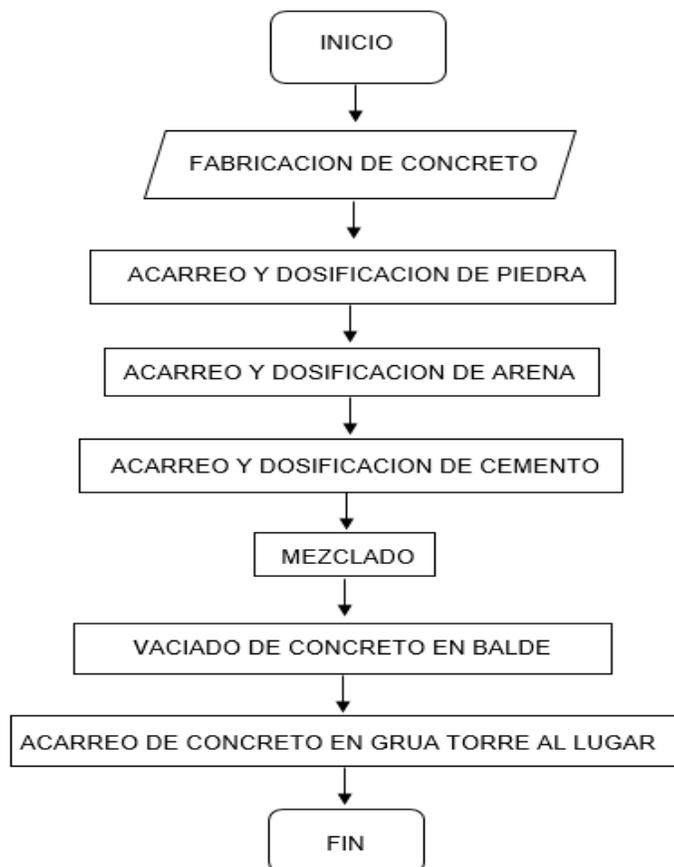


Figura 86. Diagrama de flujo del proceso fabricación de concreto

CUADRO 93. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Balde
Ayudantes	Aditivo	Batidora
		Grúa torre
		Back hoe

CUADRO 94. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	69%
2 (Operario)	28%
3 (Ayudante)	33%
4 (Ayudante)	26%
5 (Operario)	31%
Cuadrilla	37%

CUADRO 95. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Operando batidora	69	13%
Esperando	258	48%
Dosificando agua	4	1%
Hablando	6	1%
Acomodándose	4	1%
Caminando	17	3%
Acarreando aditivo	1	0%
Dosificando aditivo	1	0%
Acarreando piedra	6	1%
Dosificando piedra	5	1%
Dosificando arena	6	1%
Acarreando arena	13	2%
Acarreando	24	4%
Ausente	11	2%
Acarreando cemento	12	2%
Dosificando cemento	24	4%
Acarreando bolsa cemento	6	1%
Abriendo saco cemento	23	4%
Recogiendo cemento	3	1%
Acomodando cemento	1	0%
Acomodando balde	5	1%
Acarreando herramienta	4	1%
Apaleando concreto	4	1%
Operando grúa	33	6%
Total	540	100%

CUADRO 96. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Operando batidora	69	Acarreando aditivo	1	Esperando	258
Dosificando agua	4	Acarreando piedra	6	Hablando	6
Dosificando aditivo	1	Acarreando arena	13	Acomodándose	4
Dosificando piedra	5	Acarreando cemento	12	Caminando	17
Dosificando arena	6	Abriendo saco cemento	23	Acarreando	24
Dosificando cemento	24	Acomodando balde	5	Ausente	11
Operando grúa	33			Acarreando bolsa cemento	6
				Recogiendo cemento	3
				Acomodando cemento	1
				Acarreando herramienta	4
				Apaleando concreto	4
Total	142		60		338

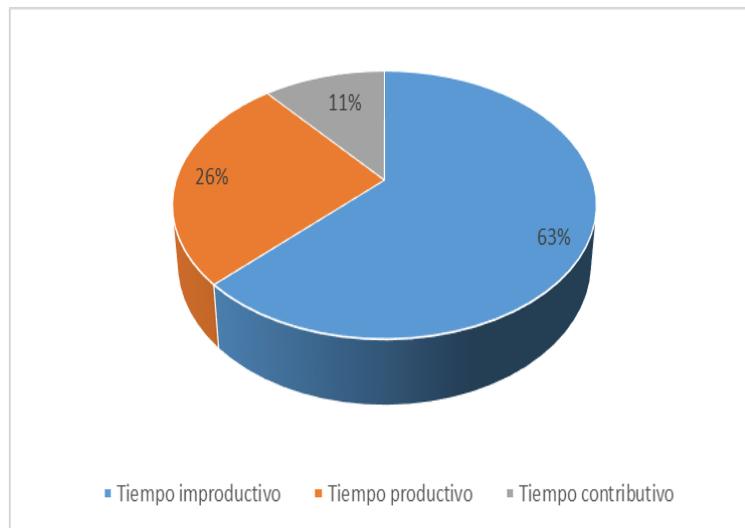


Figura 87. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

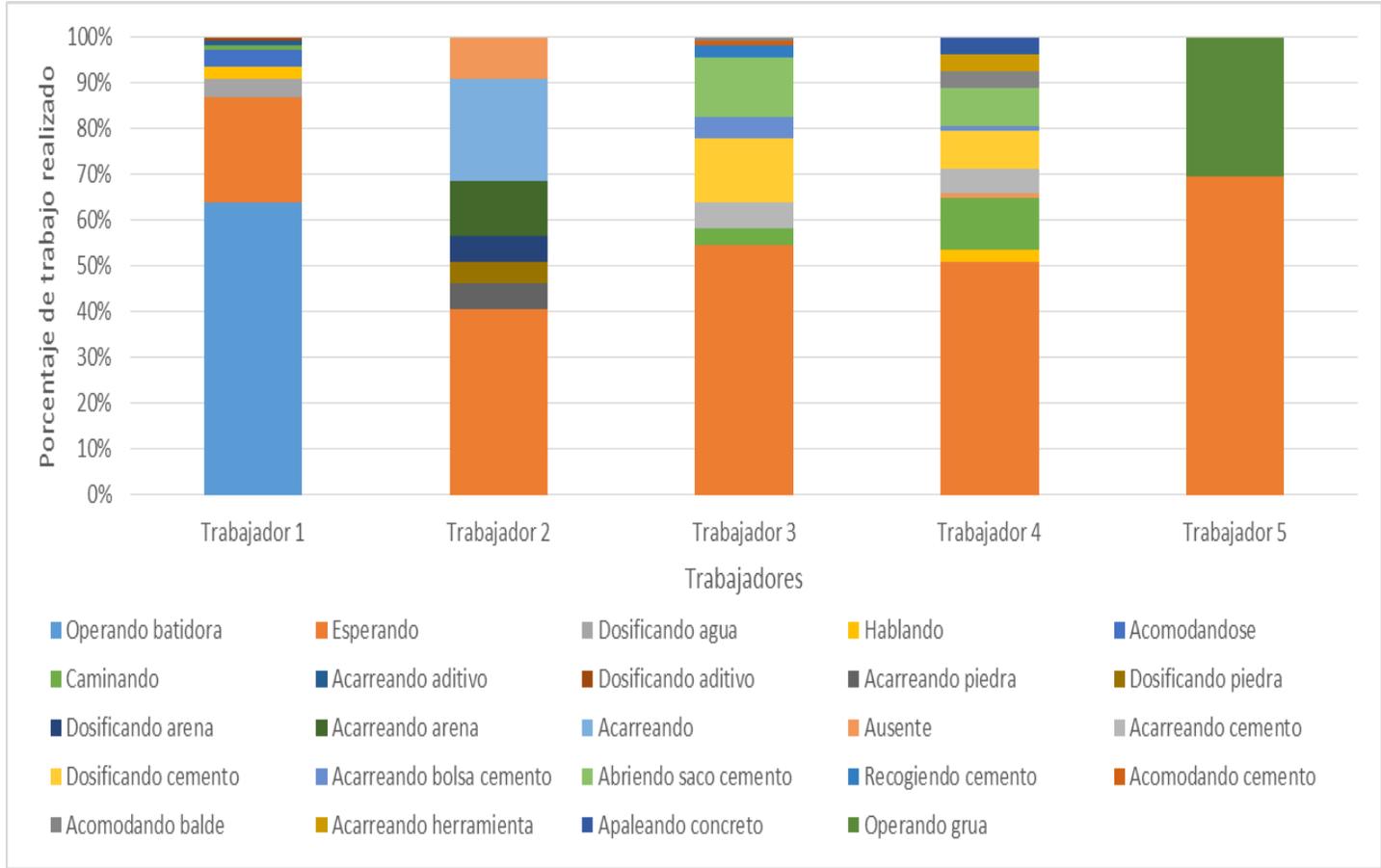


Figura 88. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 97. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	7/3/2016	5	2,158	2,400	0,899
2	8/4/2016	5	3,083	3,200	0,964
Rendimiento promedio					0,931
Desviación estándar					0,045
Coeficiente de variación					0,049
Rendimiento final					1,024

Proceso 5. Colado de concreto

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 89, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 98 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 99 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 100 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se

llevaron a cabo, el cuadro 101 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 90. El Crew Balance se puede ver en la figura 91 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 102 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

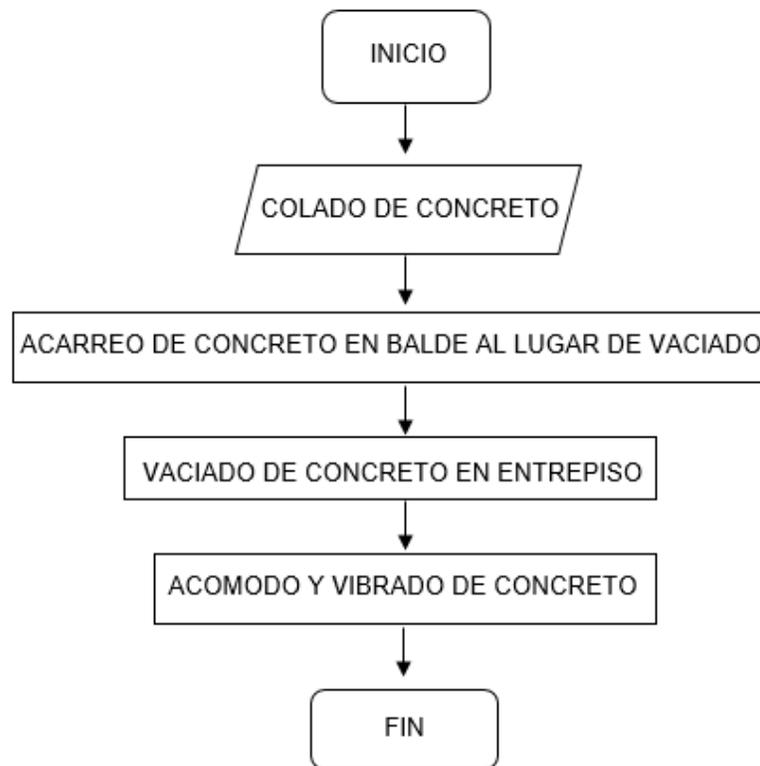


Figura 89. Diagrama de flujo del proceso colado de concreto

CUADRO 98. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Concreto	Vibrador
Ayudantes		Llaneta
		Cuchara
		Balde
		Grúa torre
		Flota
		Codal

CUADRO 99. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	53%
2 (Ayudante)	48%
3 (Ayudante)	34%
4 (Operario)	59%
5 (Operario)	13%
6 (Ayudante)	44%
7 (Operario)	54%
8 (Ayudante)	32%
9 (Ayudante)	33%
10 (Operario)	35%
11 (Operario)	52%
12 (Operario)	47%
Cuadrilla	42%

CUADRO 100. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Caminando	102	7%
Vibrando	58	4%
Esperando	696	47%
Sosteniendo balde	44	3%
Sosteniendo vibrador	59	4%
Apagando vibrador	1	0%
Acomodando concreto	83	6%
Ausente	37	2%
Acomodándose	7	0%
Pasando codal	121	8%
Hablando	17	1%
Dando acabado final	75	5%
Pasando flota	56	4%
Quitando guía	5	0%
Recogiendo concreto	3	0%
Acarreando concreto	6	0%
Devolviendo concreto	1	0%
Acomodando manguera	4	0%
Pasando helicóptero	6	0%
Buscando herramienta	5	0%
Operando grúa	66	4%
Echando agua	43	3%
Total	1495	100%

CUADRO 101. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Vibrando	58	Sosteniendo vibrador	59	Caminando	102
Acomodando concreto	83	Echando agua	43	Esperando	696
Pasando codal	121	Recogiendo concreto	3	Apagando vibrador	1
Dando acabado final	75	Acarreando concreto	6	Ausente	37
Pasando flota	56	Quitando guía	5	Acomodándose	7
Pasando helicóptero	6			Hablando	17
Operando grúa	66			Acomodando manguera	4
Sosteniendo balde	44			Buscando herramienta	5
				Devolviendo concreto	1
Total	509		116		870

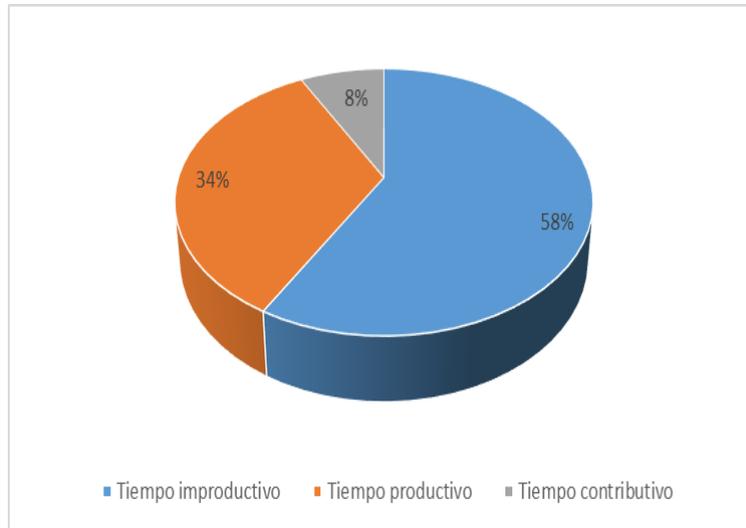


Figura 90. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

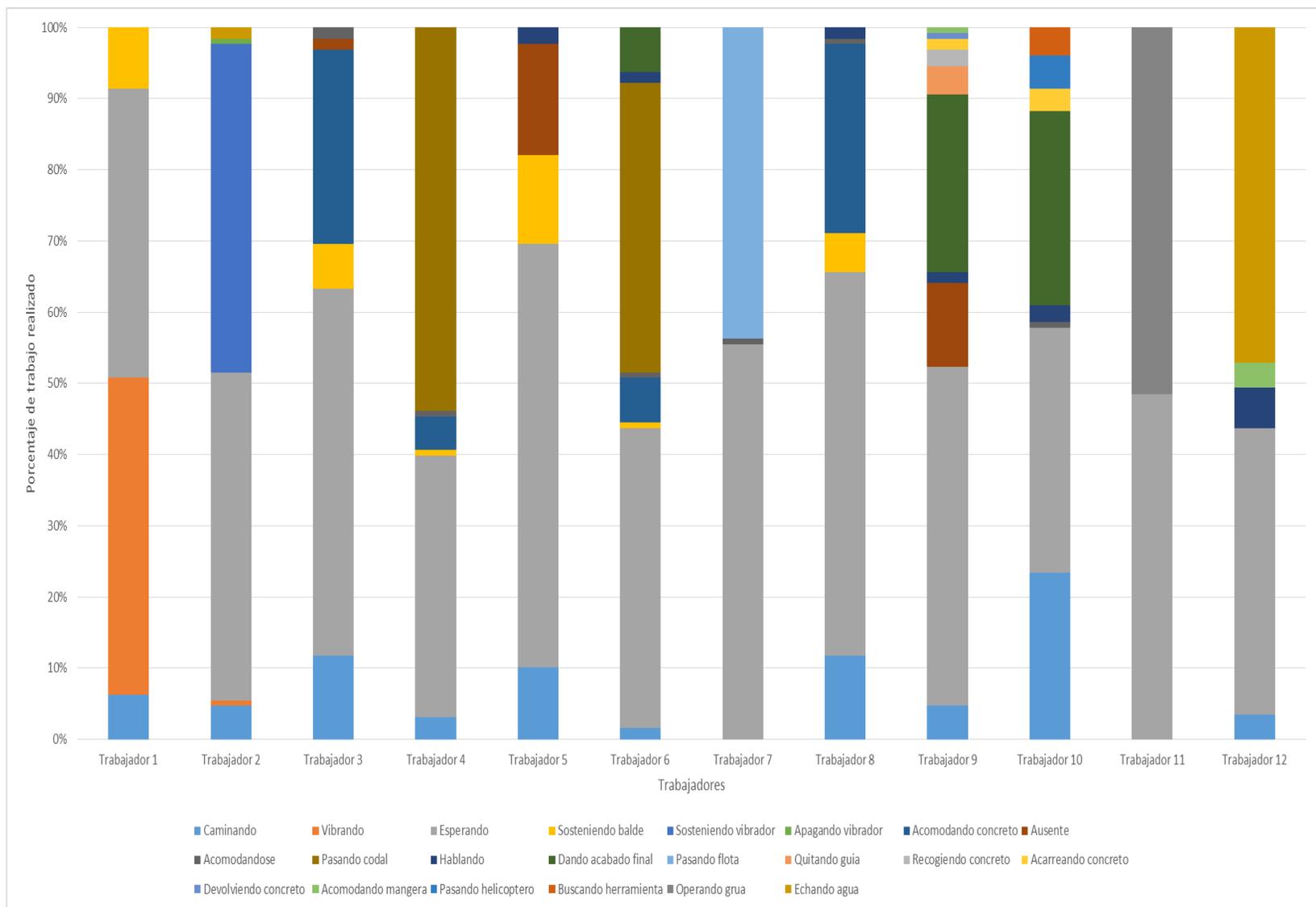


Figura 91. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 102. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m3)	Rendimiento (HH/m3)
1	7/3/2016	12	6,290	3,200	1,966
2	8/4/2016	10	6,167	3,200	1,927
Rendimiento promedio					1,946
Desviación estándar					0,027
Coeficiente de variación					0,014
Rendimiento final					2,139

Proceso 6. Desencofrado

Los resultados de este proceso se describen primeramente en la figura 92, en la cual se ejemplifica el diagrama de flujo, el cual describe las tareas que componen este proceso, además el cuadro 103 muestra la lista de recursos que se necesita para llevar a cabo este proceso, el cuadro 104 representa la productividad de cada trabajador y la cuadrilla, el cuadro 105 muestra las tareas realizadas por cada trabajador, además representa la cantidad de veces que se

llevaron a cabo, el cuadro 106 muestra la clasificación de las tareas realizadas por la cuadrilla, para luego poder realizar la clasificación de acuerdo al tiempo productivo, contributivo o improductivo, que luego son representados en la figura 93. El Crew Balance se puede ver en la figura 94 el cual permite observar el porcentaje de tiempo que ocupó cada trabajador para realizar una tarea respectiva, además el cuadro 107 muestra los rendimientos calculados para cada proceso en dos muestreos en diferentes momentos.

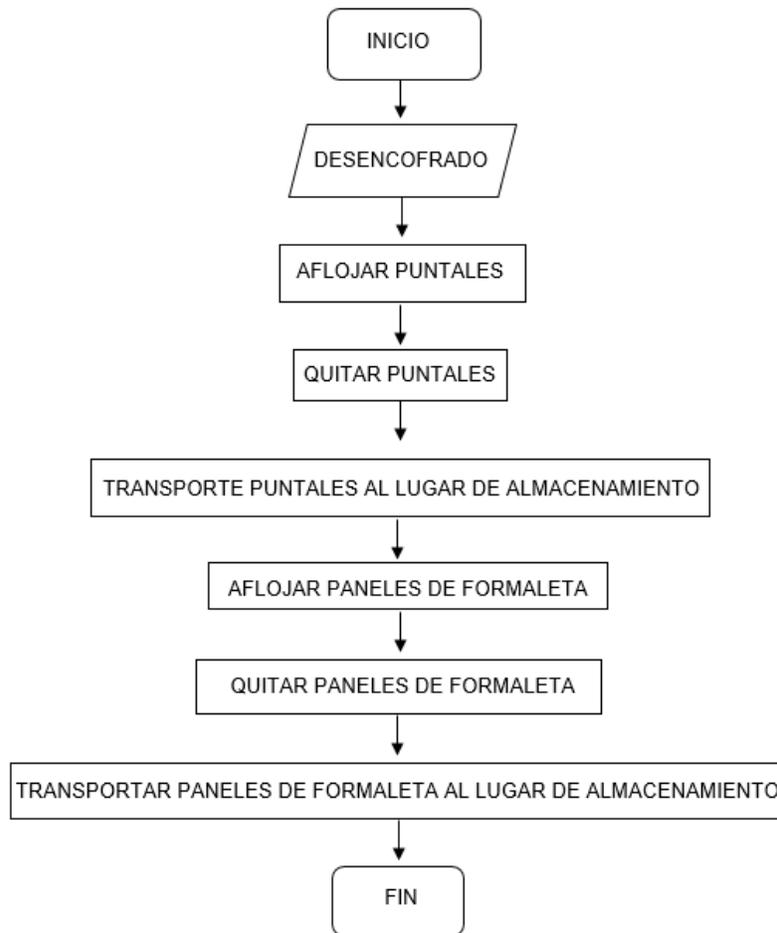


Figura 92. Diagrama de flujo del proceso desencofrado

CUADRO 103. LISTA DE RECURSOS		
Mano de obra	Materiales	Herramientas, equipos y maquinaria
Operarios	Puntales	Martillo
Ayudantes		Escalera
		Tenaza

CUADRO 104. PRODUCTIVIDAD DE LA CUADRILLA	
Trabajador	Productividad
1 (Operario)	50%
2 (Ayudante)	47%
3 (Ayudante)	50%
4 (Ayudante)	43%
Cuadrilla	48%

CUADRO 105. TAREAS REALIZADAS POR CADA TRABAJADOR		
Tarea	# de observaciones	Porcentaje (%)
Esperando	94	32%
Acarreando vigueta	24	8%
Hablando	14	5%
Ausente	7	2%
Caminando	17	6%
Quitando vigueta	62	21%
Acarreando puntal	22	7%
Acomodándose	18	6%
Acarreando andamio	9	3%
Quitando puntal	20	7%
Quitando tensores	3	1%
Acarreando herramienta	5	2%
Sosteniendo vigueta	1	0%
Total	296	100%

CUADRO 106. CLASIFICACIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LA CUADRILLA					
Trabajo productivo		Trabajo contributivo		Trabajo improductivo	
Quitando vigueta	62	Acarreando vigueta	24	Esperando	94
Quitando puntal	20	Acarreando puntal	22	Hablando	14
Quitando tensores	3	Acarreando andamio	9	Ausente	7
		Sosteniendo vigueta	1	Caminando	17
				Acomodándose	18
				Acarreando herramienta	5
Total	85		56		155

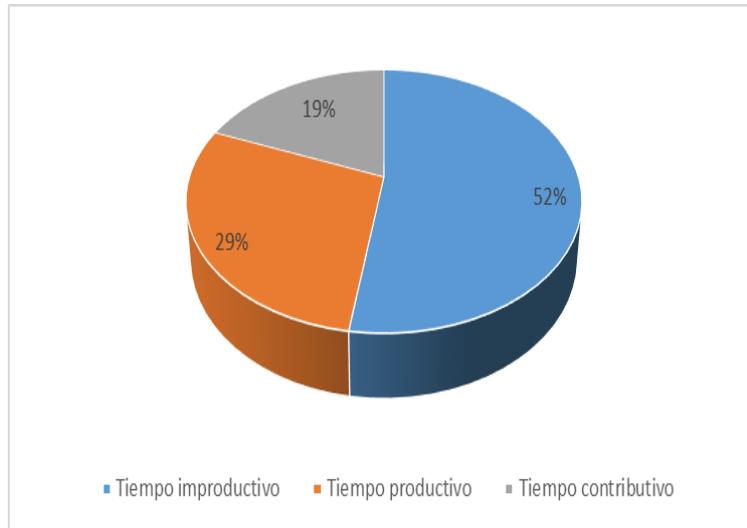


Figura 93. Distribución de tiempo de las tareas realizadas en el proceso de estudio.

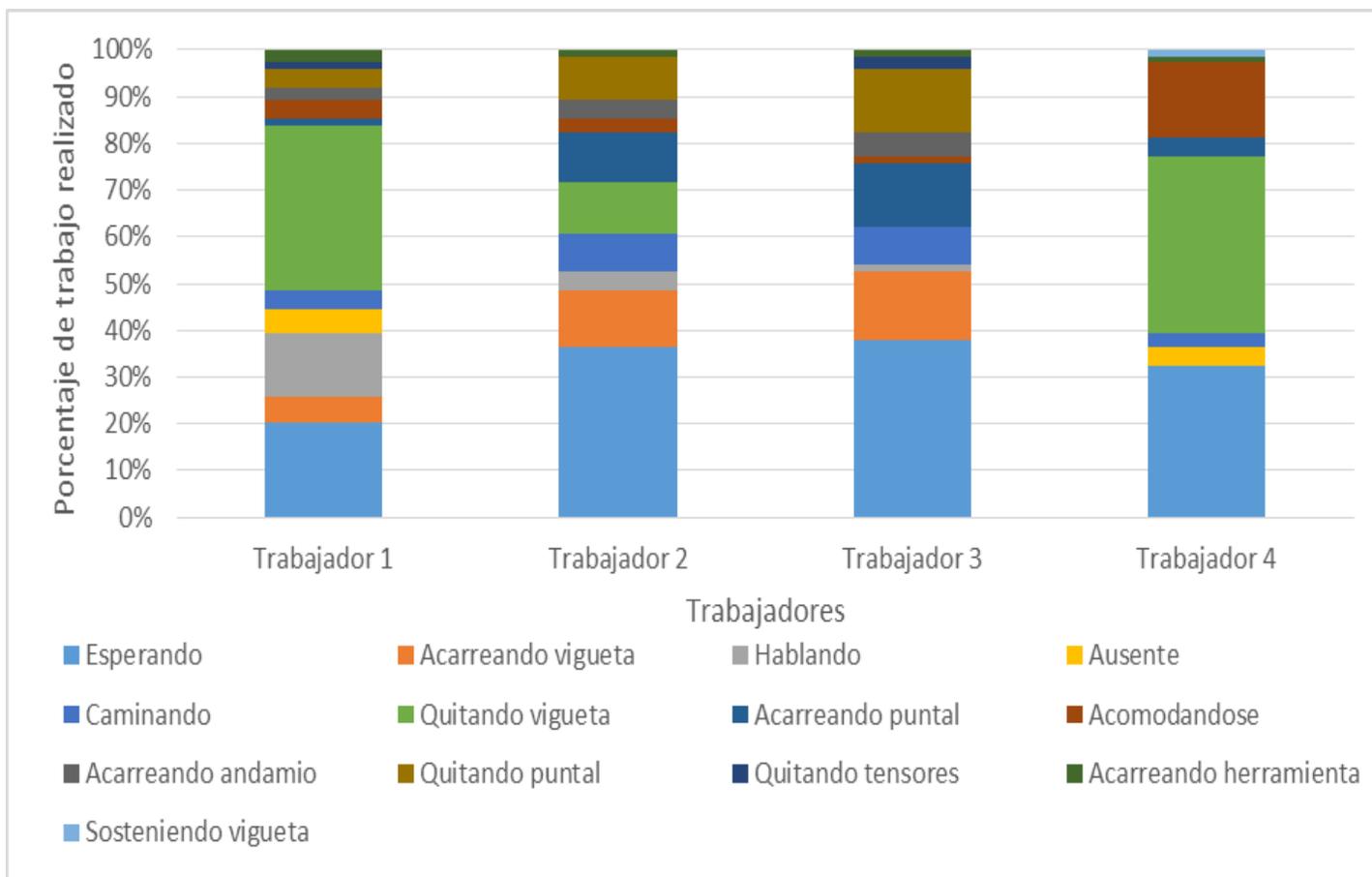


Figura 94. Crew Balance del proceso analizado.

CUADRO 107. RENDIMIENTOS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS					
Medición	Fecha	# de Trabajadores	Horas hombre	Cantidad de trabajo (m2)	Rendimiento (HH/m2)
1	29/3/2016	4	1,210	40,500	0,038
2	29/3/2016	4	1,867	40,500	0,046
Rendimiento promedio					0,042
Desviación estándar					0,006
Coeficiente de variación					0,136
Rendimiento final					0,046

Identificación de variables que afectan la productividad

Para poder identificar las variables que afectan la productividad en los procesos constructivos se procedió a la realización de una encuesta a los trabajadores, maestros de obras e ingenieros y subcontratistas, esto con el fin de poder conocer el criterio de cada uno de ellos y así sacar conclusiones al respecto de lo que ellos consideran que puede afectar su trabajo. Además según el criterio de algunos de los expertos, en la materia de productividad la mejor forma de darse cuenta de lo que realmente afecta el rendimiento de las personas es preguntando a ellos mismos sobre lo que consideran los afecta.

A continuación se presentarán en un gráfico de barras y de pastel, los resultados obtenidos a las preguntas realizadas, lo cual

representa las respuestas en cantidad y porcentajes para una mayor comprensión, mientras que las preguntas de respuesta breve se utilizará en el análisis de resultados.

En algunas figuras se podrán observar gráficos de barras, las cuales se muestran varias preguntas con las mismas opciones de respuesta, mientras que otros gráficos del tipo pastel se utilizaron para representar una única pregunta con diferentes opciones de repuesta. Cabe resaltar que la figura 96 representa respuestas de todos los entrevistados, debido a que fue una pregunta realizada en forma general.

Además se puede observar un diagrama de Ishikawa, con lo cual se representa factores y causas que afectan la baja productividad, basado en la encuesta realizada así como de acuerdo a los factores que se pudieron observar a lo largo del proceso de investigación.

Encuesta para ingenieros y maestros de obras

En la figura 95 se muestra la pregunta 1 la cual consulto sobre si se conoce lo que significa el término productividad, por otra parte la pregunta

4 consulto acerca de si consideran que el diseño de sitio fue el apropiado, por otra parte la pregunta 6 pregunto si la mano de obra contratada reúne las características deseadas y por último la pregunta 8 consulto sobre si los subcontratistas alteran el avance de la obra.

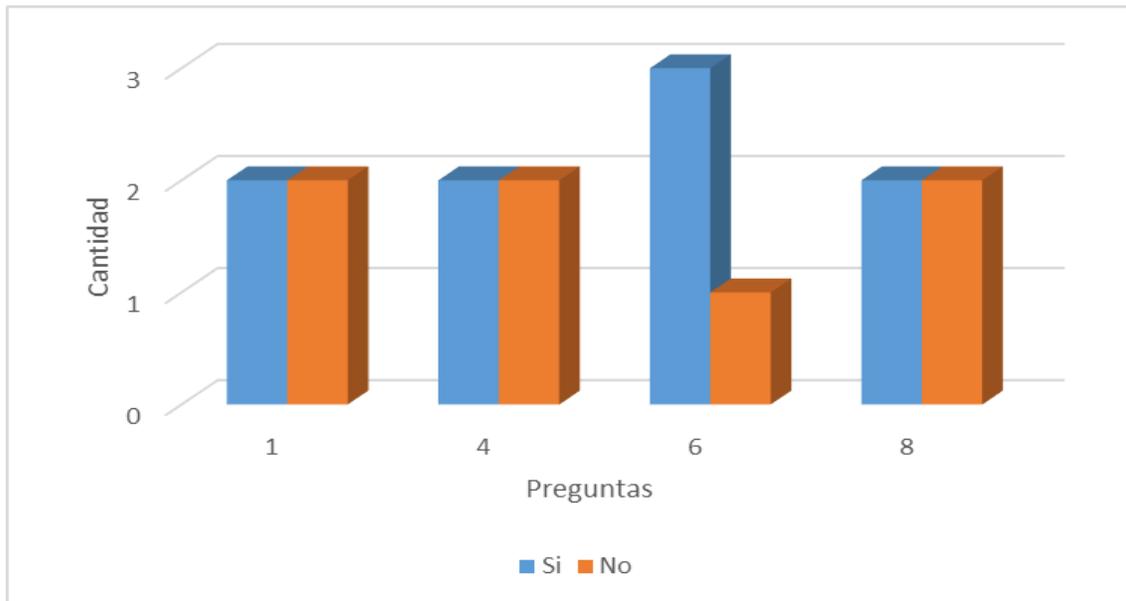
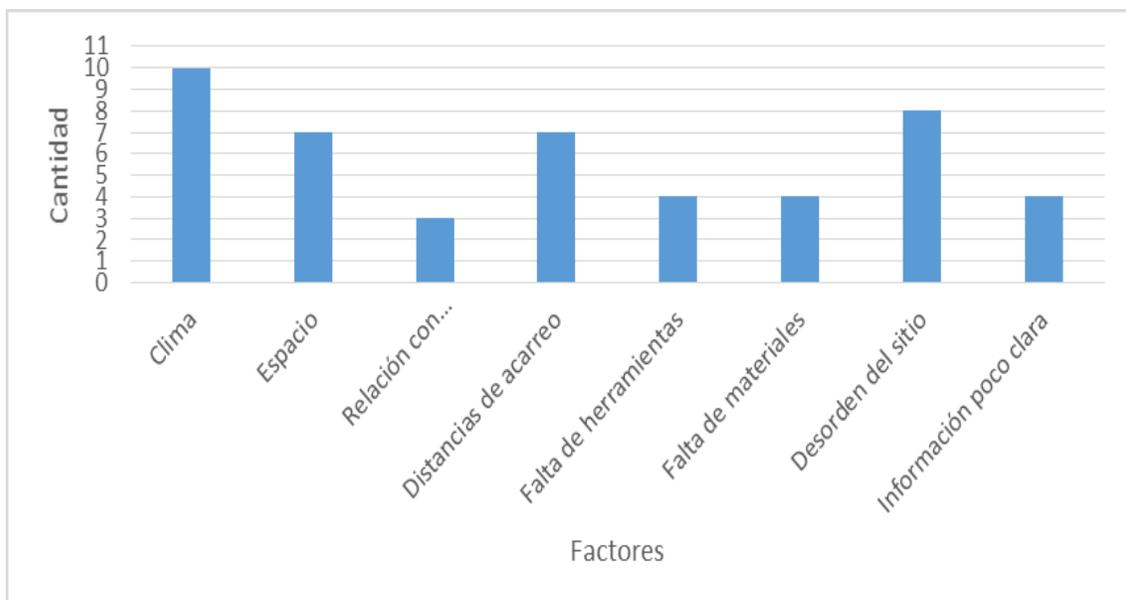


Figura 95. Resultado pregunta 1,4,6 y 8.

La figura 96 representa la pregunta 2 que se realizó a los maestros de obras e ingenieros la

cual consultaba acerca de cuáles factores cree que afectan la actividad que se realiza.



La figura 96 representa la pregunta 2 realizada a los maestros de obras e ingenieros, la cual pregunta quien fue el que realizó el diseño de sitio del proyecto.

Figura 96. Resultado pregunta 2.

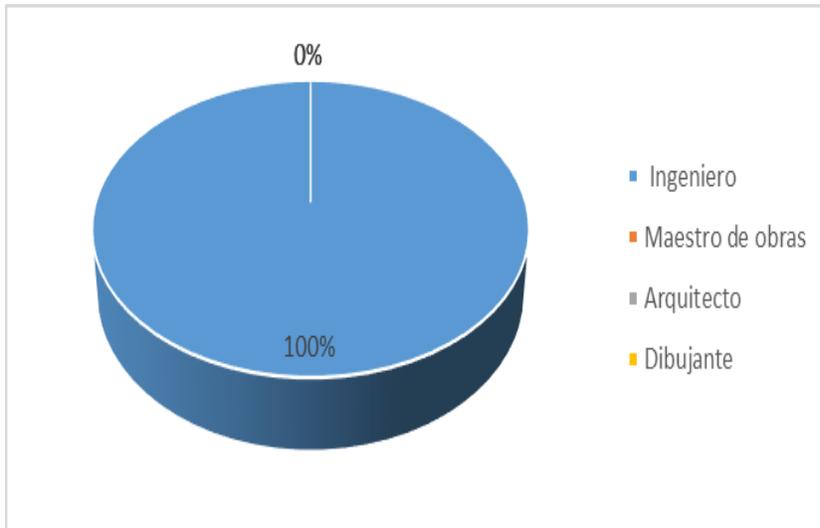


Figura 97. Resultado pregunta 3.

En la figura 98 se representa la pregunta número 7 realizada a los maestros de obras e ingenieros la cual consultó sobre el porcentaje de trabajo que se realizó mediante subcontratación.

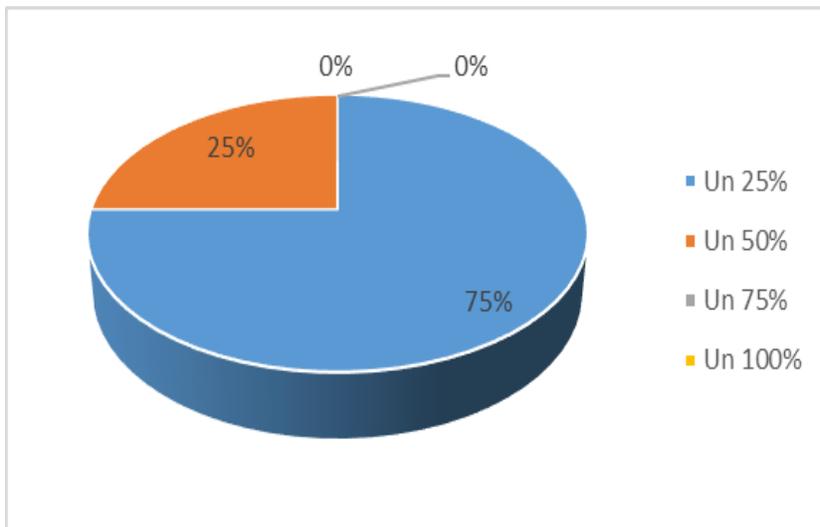


Figura 98. Resultado pregunta 7.

La figura 99 representa la pregunta número 9 la cual consultó a los ingenieros y maestros de

obras sobre la estrategia de selección de subcontratistas.

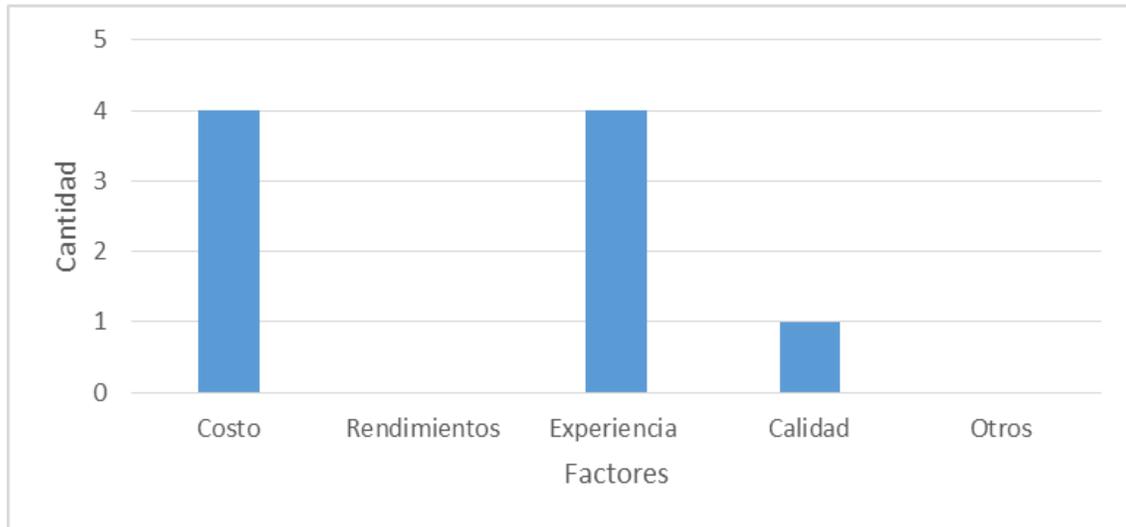


Figura 99. Resultado pregunta 9.

Encuesta para trabajadores

actividad anteriormente, mientras la pregunta 2 preguntó acerca de que tan claras tienen las instrucciones antes de comenzar la actividad que realiza.

En la figura 100 muestra las pregunta 1 la cual consultó a los trabajadores si han realizado la

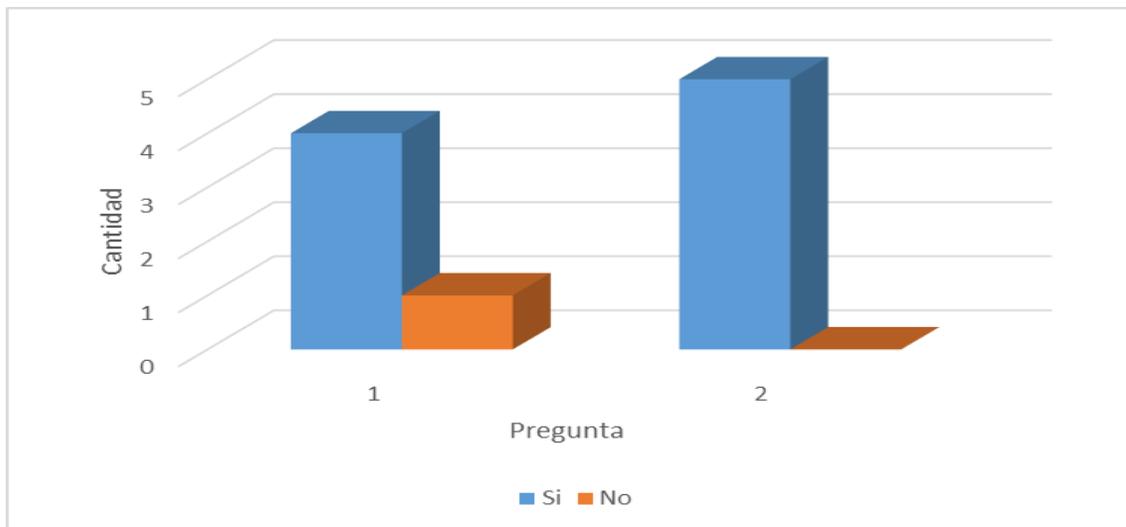


Figura 100. Resultado pregunta 1 y2.

La figura 101 representa la pregunta 3 la cual consultó a los trabajadores si cuentan con los materiales y equipo necesario para llevar a cabo

sus labores, mientras la pregunta 4 preguntó si reciben los materiales a tiempo.

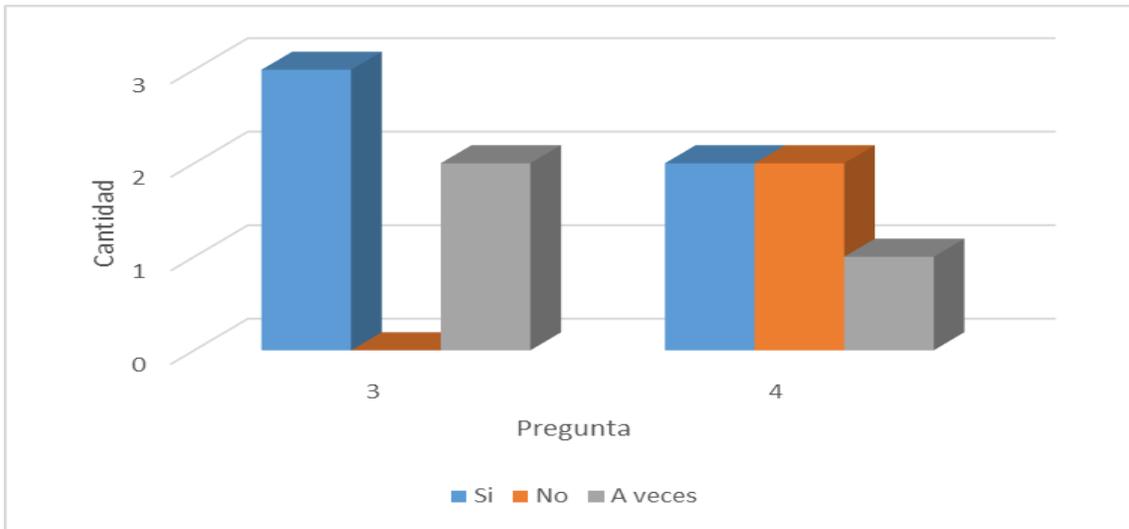


Figura 101. Resultado pregunta 3 y 4.

La figura 102 muestra la respuesta a la pregunta 5 realizada a los trabajadores la cual consistió en

preguntar si el tamaño de la cuadrilla lo considera como el óptimo.

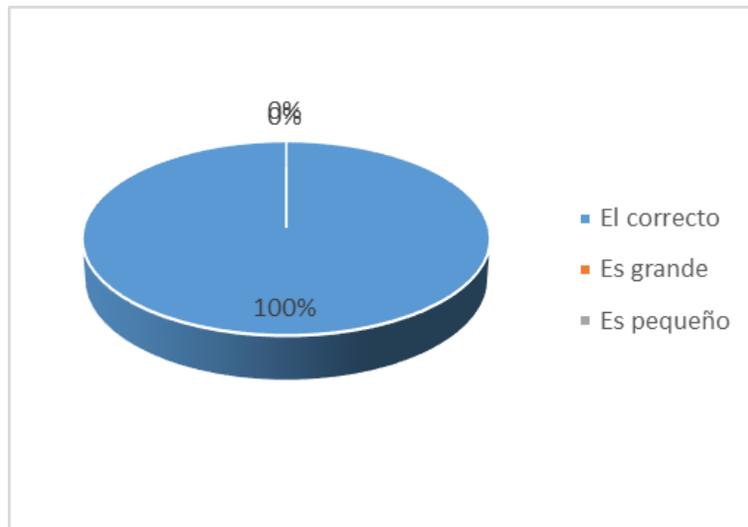


Figura 102. Resultado pregunta 5.

La figura 103 muestra los resultados de la pregunta 7, la cual consultó a los trabajadores

cómo es su espacio de trabajo.

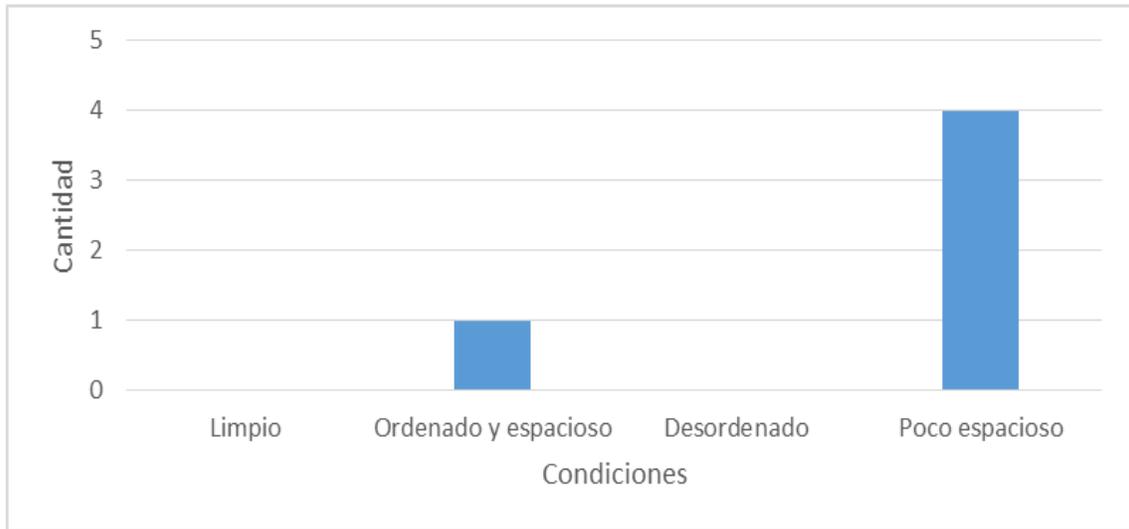


Figura 103. Resultado pregunta 7.

La figura 104 representa la respuesta a la pregunta 8 realizada los trabajadores la cual

preguntó cómo es el trato de los compañeros y el de los superiores.

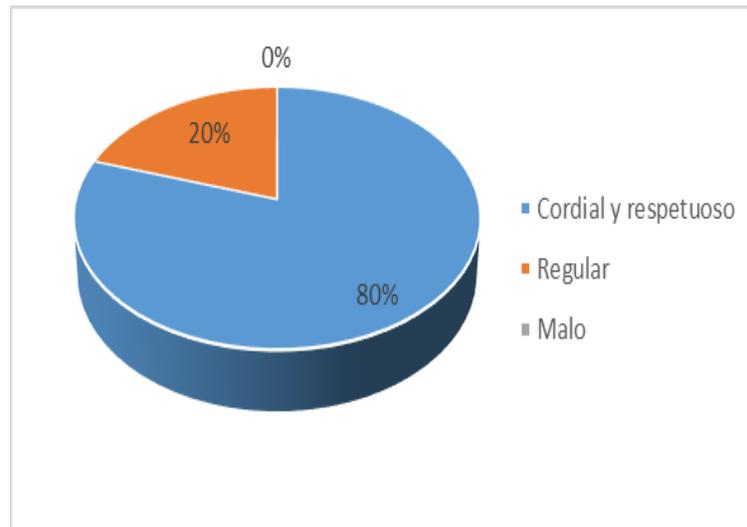


Figura 104. Resultado pregunta 8.

La figura 105 muestra los resultados de la pregunta 9, la cual consultó a los trabajadores

cómo considera las condiciones de seguridad del proyecto.

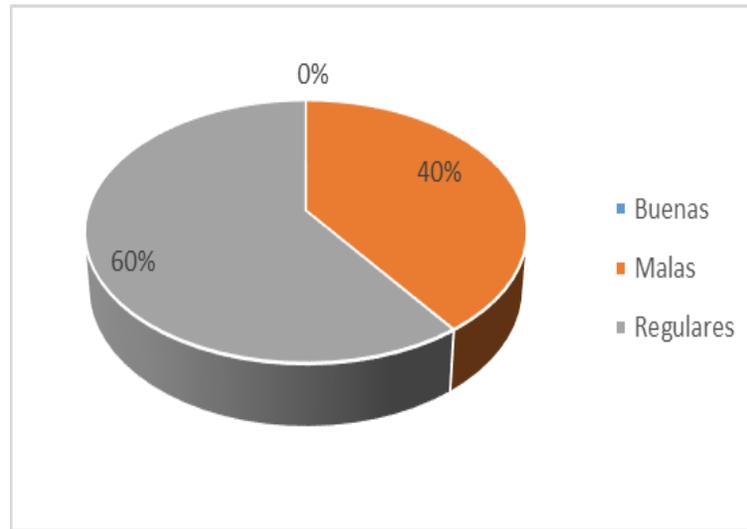


Figura 105. Resultado pregunta 9.

Encuesta para ingenieros subcontratistas

La figura 106 representa la respuesta a la pregunta 1, la cual consultó a los trabajadores subcontratistas si han realizado antes la actividad que desarrollan, por otra parte la pregunta 2

consulta a los trabajadores si tienen las instrucciones claras para realizar la actividad que lleva a cabo, asimismo la pregunta 5 consulta a los trabajadores si conoce el término de productividad, por último la pregunta 7 consulta si cuentan con las condiciones adecuadas dentro del proyecto para realizar en forma productiva su trabajo.

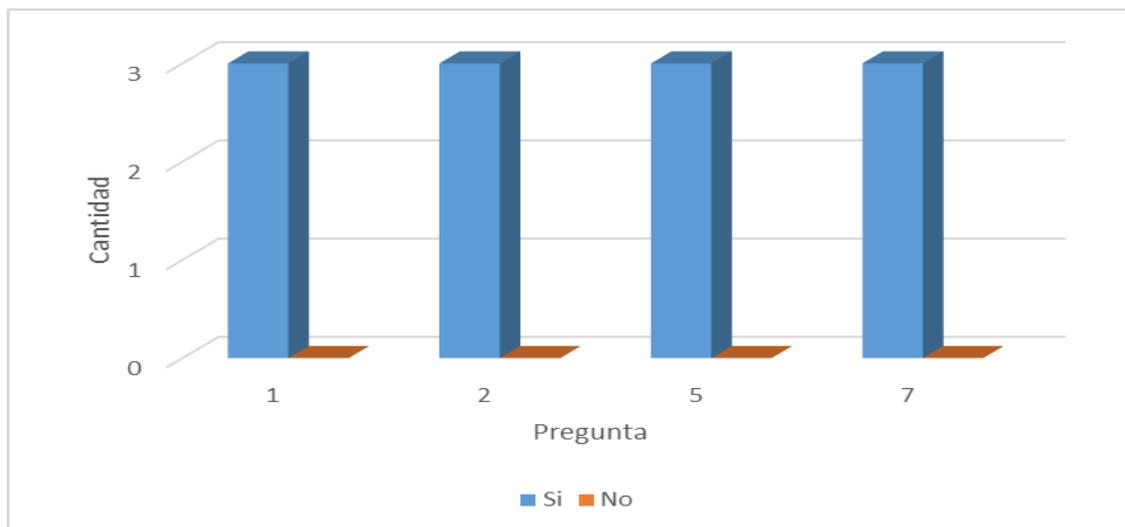


Figura 106. Resultado pregunta 1, 2, 5 y 7.

La figura 107 muestra la respuesta a la pregunta 3 la cual consulta si cuenta con los materiales y el equipo necesario para realizar las tareas, por otra

parte la pregunta 4 consulta a los trabajadores si reciben los materiales a tiempo.

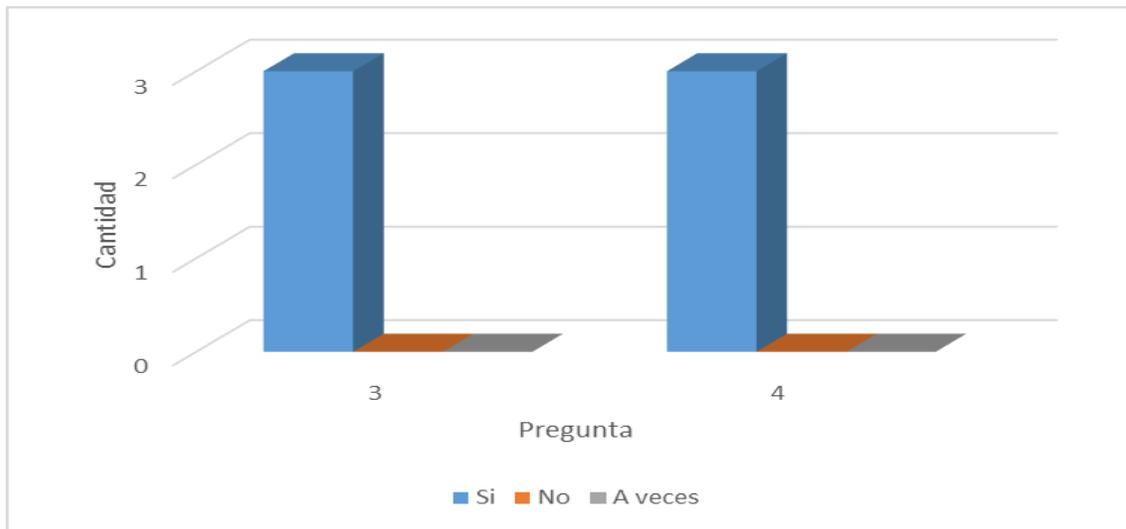


Figura 107. Resultado pregunta 3 y 4.

En la figura 108 se puede observar el diagrama de Ishikawa, el cual busca explicar factores y causas de la baja productividad detectados y encontrados en el proyecto del edificio de TIC'S durante el proceso de investigación.

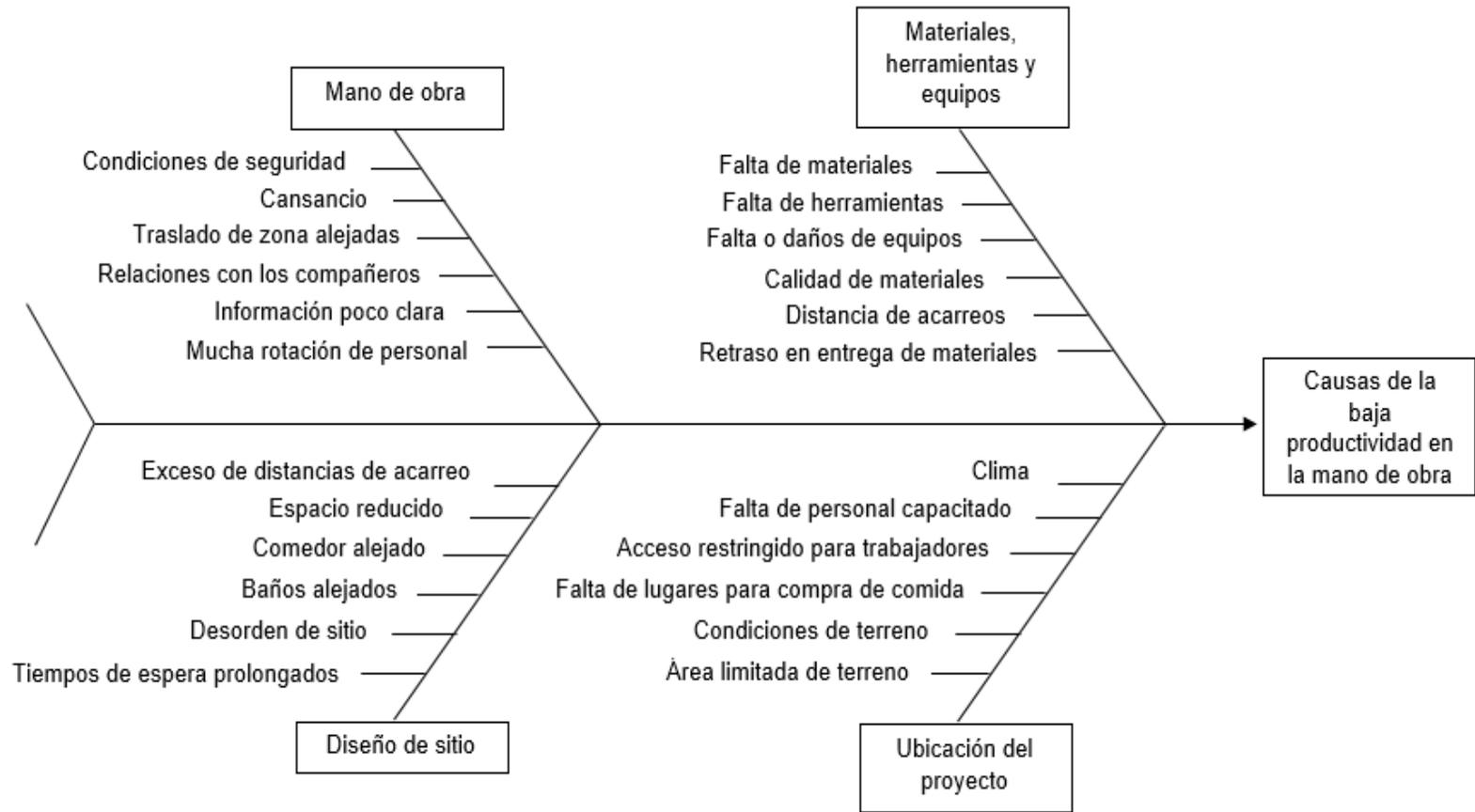


Figura 108. Diagrama de Ishikawa de causas de baja productividad en la mano de obra.

Base de datos

En la siguiente sección se explicará y ejemplificará la base de datos realizada en el software de Microsoft office Access 2013, la cual permite a quien la quiere utilizar, consultar o bien

calcular el costo de la mano de obra, esto basado en los rendimientos extraídos de campo, utilizando las características del proyecto que quiera presupuestar o bien variando las características del elemento constructivo que se quiera consultar.

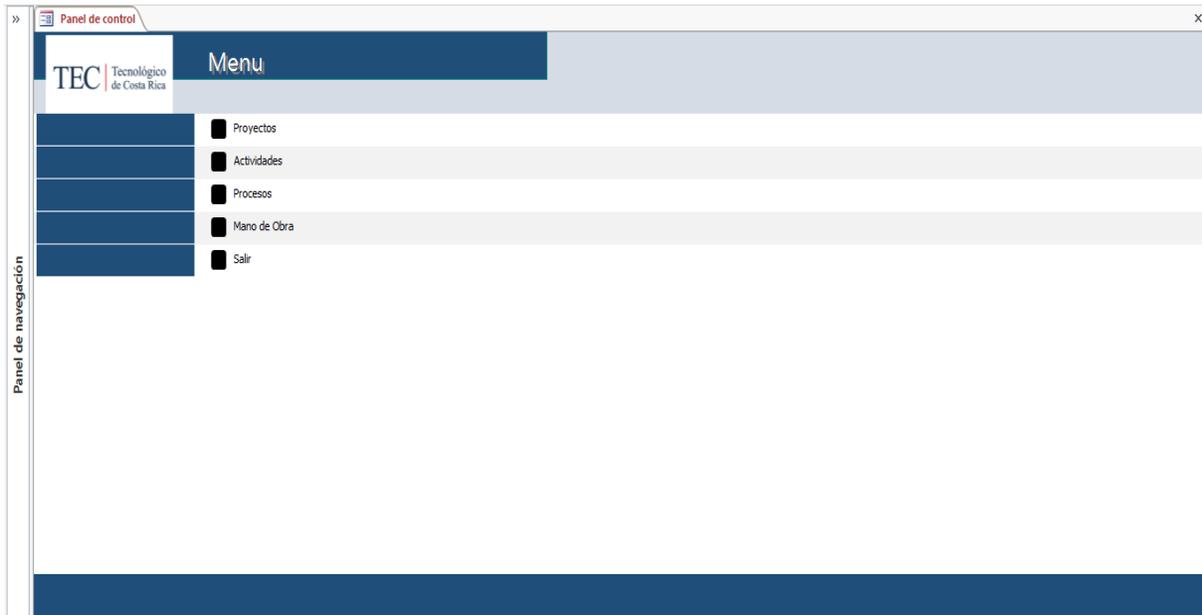


Figura 109. Menu de la base de datos

Proyectos							
Proyecto	ID	Nlicitacion	Empresa	Area (m ²)	Monto	Descripcion	Fecha de inicio
Núcleo Integrado de Diseño	1	2015LPN-0003-	Navarro y Aviles	2142	₡1.349.091.217	Edificio de dos pisos para uso de aulas y oficinas, construido en concreto armado y mamposteria	26/10/2015
Núcleo Integrado de Seguridad	3	2014LPI-0001-APITCRBM	Estructuras S.A	1838	₡953.803.075	Edificio de dos niveles, sistema constructivo de mamposteria con bloques de arcilla y de concreto	15/6/2015
Núcleo Integrado de Tecnologias	4	2014LPI-0001APITCRB	Estructuras S.A	7564	₡3.471.616.119	Edificio de seis niveles con un sistema constructivo de concreto reforzado y algunos muros de mamposteria, que sera utilizado para aulas y oficinas.	15/6/2015

Figura 110. Datos ingresados con características de los proyectos

Actividades

Proyecto	Id Actividad	Actividad
Núcleo Integrado de Tecnologías de	14	Entrepiso
Núcleo Integrado de Tecnologías de	13	Vigas de concreto
Núcleo Integrado de Tecnologías de	12	Columnas y muros estructurales de concreto

domingo, 24 de Abril de 2016

Imprimir informe

Página 1 de 1

Figura 111. Actividades estudiadas que alimentan la base de datos

Procesos

Proyecto	Actividad	Proceso	ID	R.operario	R.ayudante	R.peón
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Armado de la estructura de columna	29	0,04	0,043	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Armado de la estructura de muro	30	0,034	0,037	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Colado de concreto	33	1,108	1,477	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Colocacion de formaleta	31	0,237	0,31	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Confeccion de armadura para columnas	27	0,048	0,028	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Desencofrado	34	0,277	0,715	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Columnas y muros estructurales de concreto	Fabricacion de concreto	32	1,808	1,205	0

Figura 112. Procesos y sus respectivos rendimientos que alimentan la base de datos

Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Armado de estructura de viga	37	0,017	0,022	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Colado de concreto	40	1,108	0,766	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Colocacion de formaleta base	35	1,114	1,215	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Colocacion de formaleta lateral	38	0,289	0,368	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Confeccion de armadura para vigas	36	0,048	0,028	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Desencofrado	41	0,069	1,363	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Vigas de concreto	Fabricacion de concreto	39	0,623	0,415	0

Figura 113. Procesos y sus respectivos rendimientos que alimentan la base de datos

Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Armado de bases para estructura de losa	42	0,086	0,103	0,014
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Colado de concreto	46	1,265	0,874	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Colocacion de armadura para losa	44	0,013	0,013	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Colocacion de losa prefabricada (Filigran)	43	0,144	0,22	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Desencofrado	47	0,012	0,035	0
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y	Entrepiso	Fabricacion de concreto	45	0,614	0,409	0

lunes, 25 de Abril de 2016 [Imprimir informe](#) Página 1 de 1

Figura 114. Procesos y sus respectivos rendimientos que alimentan la base de datos

Consulta de Costo de Mano de Obra

TEC | Tecnológico de Costa Rica

N° Consulta:	<input type="text" value="6"/>	Cantidad de Trabajo:	<input type="text" value="85"/>	
Proyecto:	<input type="text" value="Núcleo Integrado de Tecnologías de Infr"/>	HH operario:	<input type="text" value="€3.500"/>	
Actividad:	<input type="text" value="Columnas y muros estructurales de con"/>	HHayudante:	<input type="text" value="€2.900"/>	
Proceso:	<input type="text" value="Armado de la estructura de columna"/>	HH peón:	<input type="text" value="€0"/>	
Rendimiento operario :	<input type="text" value="0,04"/>	HH/trabajo	MO operario:	<input type="text" value="11900"/>
Rendimiento ayudante:	<input type="text" value="0,043"/>	HH/trabajo	MO ayudante:	<input type="text" value="€10.600"/>
Rendimiento peón:	<input type="text" value="0"/>	HH/trabajo	MO peón:	<input type="text" value="€0"/>
			MO Total:	<input type="text" value="€22.500"/>

Figura 115. Demostración del cálculo de mano de obra

Mano de Obra

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Proyecto	Actividad	Proceso	C.Trabajo	C.operario	C.Ayudante	C.Peón	C.Total
Núcleo Integrado de Tecnologías de Información y Comunicación	Columnas y muros estructurales de concreto	Armado de la estructura de columna	85	€11.900	€10.600	€0	€22.500

Figura 116. Informe de demostración del cálculo de mano de obra

Análisis de los resultados

Selección de actividades

Como se pudo ver en el apartado de resultados para una selección de las actividades que se estudiaron se efectuó un análisis a partir de la aplicación del Principio de Pareto el cual se realizó basado en los costos de las actividades constructivas, el cual se considerado como el factor de mayor importancia la Oficina de Ingeniería, quienes son los responsables de los gastos e inversiones que se llevan a cabo en el Tecnológico de Costa Rica.

Se realizó un diagrama de Pareto inicialmente para los costos totales de las actividades que se estaban realizando, en el momento de iniciar la investigación, que comprendía cinco actividades las cuales eran columnas-muros estructurales, vigas de concreto, repello, entrepisos y paredes de mampostería de concreto y arcilla. Como se pudo observar en el cuadro 2 del apartado de resultados, el costo de cada actividad su porcentaje o peso que representan así como el porcentaje acumulado, esto con la intención de elaborar el diagrama de Pareto que se representa en la figura 30, el cual indica que las actividades de columnas y muros estructurales, vigas de concreto y repellos representan aproximadamente el 81% de los costos, lo que indica que el problema se concentra en ese 20% de las actividades en estudio, el cual se constituye en las tres actividades mencionadas anteriormente.

Para una selección más exacta se realizó una clasificación A, B, C, la cual, se puede aplicar fundada en el principio de Pareto. Esta técnica se puede ejemplificar su aplicación en el cuadro 2 del apartado de resultados. Esta clasificación se basa en los porcentajes acumulados que se describieron anteriormente. Una vez con los porcentajes acumulados, de acuerdo con la teoría descrita en el marco teórico, se indica que las actividades con porcentajes acumulados entre

0% y el 80% caerán en la clasificación tipo A mientras que actividades con porcentajes acumulados entre 80% y 95% caen la clasificación tipo B, mientras que el 5% restante para alcanzar el 100% serian clasificación tipo C.

De acuerdo con los resultados descritos en el cuadro 2, las actividades tipo A son columnas y muros estructurales junto con vigas de concreto, lo que coincide con el análisis del diagrama de Pareto.

Una vez que se tiene la clasificación A, B, C se procede a realizar una nueva clasificación alfa, beta, gamma la cual necesita de dos parámetros y una matriz para poder utilizarse, los cuales son la clasificación A, B, C y la criticidad.

La criticidad es un valor subjetivo que se le da a cada actividad de acuerdo al nivel de importancia que le de cada persona que desee realizar un análisis de estas características, por lo que en el cuadro 3 de la sección de resultados se especifican los valores dados en un rango de 1 a 3 donde 1 es lo más crítico y 3 lo menos crítico.

De acuerdo con lo visto en el proyecto las actividades que más dificultad representan para quien las elabora, eran las columnas y muros estructurales, debido al nivel de detalle que los elementos tienen así como las dimensiones que estos poseen, por lo que se consideró que la criticidad debe ser de 1. Actividades como vigas de concreto, repello y entrepiso tienen su nivel de dificultad y costos elevado pero se les dio un grado de criticidad medio de 2, porque se considera que no tienen un peso tan elevado como el de las columnas y muros estructurales. Por su parte las paredes de mampostería de concreto y arcilla no se consideran tan relevantes y se les da una criticidad de 3.

Con ayuda del cuadro 1 del apartado de marco teórico, el cual representa la matriz de clasificación alfa, beta, gamma se desprende esta clasificación que da como resultado en el cuadro 4, la clasificación, la cual describe que las actividades de vigas de concreto, columnas y

muros estructurales son del tipo alfa, que es la clasificación con un rango de importancia mayor, por su parte el entrepiso y repello resultan ser de clasificación beta que es de nivel medio de importancia, mientras que paredes de mampostería de concreto y arcilla son clasificación gamma.

Para asegurarse mejor de cuales actividades analizar se realizó un segundo análisis de Pareto pero esta vez con los costos que representan las mismas actividades pero de acuerdo al nivel de avance que estas llevan, por ejemplo, cuando se comenzó la investigación el proyecto iba por el nivel cinco de seis en construcción por lo que se extrajeron los costos de las actividades descritas anteriormente pero representadas en el nivel cinco y seis, los cuales eran los niveles que se encontraban en construcción.

En el cuadro 5 del apartado de resultados se pueden ver los datos necesarios para la elaboración del diagrama de Pareto y la clasificación A, B, C. Los costos como se dijo antes representan el valor de acuerdo al nivel de avance que la edificación llevaba en el momento de comenzar la investigación.

Se calculó el peso o porcentaje que estos costos representan y de ahí se calcularon los porcentajes acumulados para proceder a realizar la clasificación A, B, C.

En la figura 31 se puede observar el diagrama de Pareto el cual indica las actividades que mayor peso tienen económicamente hablando para el nivel cinco y seis, por esta razón se puede decir que las actividades de columnas y muros estructurales, entrepiso y vigas de concreto representan un 83% del total, lo que las convierte en las actividades que mayor peso económico tienen para el proyecto, porque el 80% de los costos se representan en el 20% de esas actividades mencionadas.

El primer Pareto dio resultados diferentes a los del segundo, esto se debió a que el costo de la actividad de repellos disminuyó considerablemente para el nivel cinco, lo que provocó que pasara en el primer Pareto de ser la tercera actividad en importancia económica a ser en el segundo Pareto la cuarta, lo que provocó que la actividad de vigas de concreto tomara el tercer lugar en importancia económica.

Para realizar la selección se tomó como base el segundo Pareto, el primero se tomó para

dar una idea de cuales podían ser las actividades que más peso generaron al proyecto.

Por su parte la clasificación A, B, C se realizó basado en el porcentaje acumulado del cuadro 5 de resultados, esta clasificación dio como resultado columnas-muros estructurales y entrepiso como tipo A debido a que su porcentaje acumulado resultó ser inferior al 80%, mientras que las vigas de concreto son tipo B porque su porcentaje acumulado supera el 80%, por su parte repello y paredes de mampostería de concreto y arcilla son del tipo C porque sus porcentajes acumulados superan el 95%.

Por otra parte se procedió a clasificar con el método alfa, beta, gamma, el primer paso fue dar valores de criticidad a las actividades de forma subjetiva, donde se consideró que columnas-muros estructurales y vigas de concreto son las más críticas por su alto nivel de complejidad constructiva, mientras que el entrepiso, repellos y paredes de mampostería de concreto y arcilla se clasificaron con un 2 esto debido a que sus procesos constructivos no son tan complicados de realizar y su costo es menor que el de las demás actividades.

Para poder clasificar con el criterio alfa, beta, gamma se utiliza la matriz del cuadro 1. En el cuadro 7 se puede observar la clasificación completa y definitiva que da como resultado las actividades que se deben estudiar. Para esta clasificación se necesita de la clasificación A, B, C y la criticidad. Las actividades de entrepiso, vigas de concreto y columnas y muros estructurales dan clasificación tipo alfa la cual se considera que son las más críticas y a las que se les debe poner mayor atención. Por su parte repello y paredes de mampostería de concreto y arcilla se clasifican como beta lo que no quiere decir que no sean importantes sino más bien en menor proporción que las otras actividades, por lo que se decide estudiar las actividades que obtuvieron la clasificación tipo alfa.

Conformación de las actividades

Las actividades seleccionadas como se describieron anteriormente se componen de procesos que en las figuras 32, 33 y 34 se trataron de explicar para comprender mejor cuales son los procedimientos a seguir para

poder llevarlos a cabo en la construcción de la edificación.

La figura 33 representa el diagrama de flujo de la actividad de columnas y muros estructurales, esta actividad se compone de siete procesos pero cabe resaltar que el proceso de armado de la estructura de columna y muro son vitales debido estos procesos son revisados por la inspección de la Oficina de Ingeniería y son los encargados de dar el visto bueno y aprobación para colar el elemento.

Por su parte la figura 34 ejemplifica el diagrama de flujo de vigas de concreto la cual es una actividad que se compone de siete procesos, además cabe resaltar que la colocación de formaleta que se realiza en dos partes, una de base y otra formaleta lateral.

La figura 35 representa el diagrama de flujo de entepiso el cual se compone de seis procesos. Se debe saber que el proceso de colocación de armadura para losa se compone únicamente de bastones en forma de escuadra, los cuales sostienen la losa prefabricada, la cual queda suspendida y anclada únicamente a ese acero de refuerzo.

Medida de productividad y cálculo de rendimientos

La medida de productividad se realizó para las tres actividades que se seleccionaron inicialmente, pero cada actividad se analizó en sus respectivos procesos, por lo que a continuación se analizarán los resultados de los procesos que componen cada actividad.

La productividad de cada proceso fue analizada en un único muestreo, esto por falta de tiempo, junto con los inconvenientes descritos en la sección de metodología, por lo que seguidamente se explicaran los resultados obtenidos del análisis de cada proceso.

Actividad 1. Columnas y muros estructurales

Proceso 1. Confección de armadura para columnas

El primer y único muestreo fue analizado el miércoles 17 de febrero a las 9:45 am, con una temperatura de 24°C, esto inmediatamente después del desayuno, como lo dice la teoría que se debe hacer, que no sea ni media hora antes ni media hora después de los tiempos de comida u ocio.

Este muestreo de campo se realizó en el cuarto de armadura y se analizó una cuadrilla de cuatro trabajadores, de los cuales el trabajador 1 se encarga de acarrear y cortar la varilla para luego trasladarla a los trabajadores que se encargaban de doblar aros y ganchos, por su parte el trabajador 2 y 3 eran quienes doblaban únicamente aros, mientras el trabajador 4 dobla ganchos. Cada uno de los que doblan aros y ganchos deben acarrear ese aro o gancho al lugar de almacenamiento para que después ser usado en el armado de las estructuras correspondientes.

El video filmado fue 23:30 minutos con mediciones a cada 15 segundos, lo que dio como resultado un total de 384 mediciones para alcanzar un porcentaje de error del 5%, el cual debe ser el máximo para que sea aceptable de acuerdo a la teoría de Oglesby, Parker, & Howell, 1988.

A partir del crew balance y la distribución de tiempo, se calculó la productividad de cada trabajador, realizando un conteo manual de las observaciones en las cuales la persona realiza trabajo productivo y contributivo.

Una vez que se obtuvo la productividad de cada trabajador se promediaron estos valores para sacar la productividad de la cuadrilla.

En el cuadro 9 del apartado de resultados se puede observar las las productividades de cada trabajador y de la cuadrilla en total, lo que muestra que la cuadrilla tiene un 75% de productividad y los trabajadores cuentan con un porcentaje mayor al 60%, lo que nos indica que es una cuadrilla con un índice de productividad alto, dentro del rango de productividades que se manejan en el sector, lo que beneficia mucho, ya que no se ven tan afectados por los factores que bajan la productividad y cuentan con condiciones de seguridad buenas, por supuesto esto no significa que no es alto comparado con los estándares, esto probablemente se da ya que es un lugar alejado de la edificación, además cada trabajador sabe muy bien cuál es su labor y siempre contaron con los materiales necesarios y

cerca lo que implica que se refleje en los resultados.

En la tabla descrita en la figura 29 de la sección de metodología también se realiza la anotación de la labor que lleva a cabo cada trabajador. Estas labores por lo general eran de un proceso cíclico lo que hacía que se repitieran varias veces, por lo que en la sección de resultados específicamente en el cuadro 10 se anotó la cantidad de veces que se ejecutó cada tarea para realizar el proceso. Este cuadro muestra además el porcentaje al que equivale cada tarea realizada para el muestreo elaborado.

Una vez teniendo las tareas que se llevan a cabo por cada trabajador y la cantidad de veces que estos la realizaron se pudo hacer una clasificación o distribución de tiempo, por lo que se realizó un cuadro donde se clasifica cada tarea de forma subjetiva en tiempo productivo, contributivo o improductivo, el cual se puede ver en el cuadro 11 de la sección de resultados. Una vez que esto se efectuó se pudo desprender un gráfico que muestra en porcentaje la cantidad de estos tiempos, lo que indica que el 60% del tiempo fue productivo, esto nos indica que es un porcentaje de tiempo bastante alto el que la cuadrilla pasa laborando, por otra parte el porcentaje de tiempo contributivo fue del 15% y el restante 25% fue de tiempo improductivo, lo que nos hace ver que las labores de contribución no eran tan necesarias para este proceso y el tiempo perdido se trató de evitar en la mayoría del tiempo, debido a las buenas condiciones en las que laboraba cada trabajador, así como las distancias de acarreo eran mínimas.

Según lo indica la teoría la proporcionalidad de productividad en actividades normales tienen un rango entre el 40% y el 60%, se consideran como normales por lo que tener una proporcionalidad de 75%-25% implica que no hubo muchos factores que alteraran el desarrollo de las labores.

Cabe decir que esta cuadrilla se ve muy afectada debido a que muchos trabajadores que laboran armando estructuras en la edificación, interrumpen los procesos que desarrollan porque en el momento que llegan piden a los trabajadores que fabriquen aros o ganchos que necesitan llevarse, por lo que esto afecta las labores que desarrollaban antes, además muchos de los que llegan hablan excesivamente lo que afecta aún más, pero durante este muestreo no

se dio este acontecimiento, es por esta razón que obtuvieron productividades más altas.

Para una mayor comprensión de las labores que se realizaron se hizo un Crew Balance, el cual basado en porcentaje de trabajo realizado indica en qué proporción las tareas antes escritas en el cuadro 10 se llevaron a cabo.

La labor de doblar aros fue la que más realizó durante el análisis, así como fue la que los trabajadores dos y tres más llevaron a cabo, mientras que la que menos de realizó fue la de hablar.

En el apartado de resultados muestra además el cálculo de rendimientos realizado para el proceso de confección de armadura para columnas, el cual se realizó en el primer muestreo con el que se analizó productividad y otros dos muestreos realizados de forma manual en campo.

Como se puede ver en cuadro 12 el cual ejemplifica los rendimientos extraídos de campo en cada medición, muestra el rendimiento calculado en cada medición, el cual indica que el de menor rendimiento fue la medición 1 con 0,046 HH/kg, mientras que el rendimiento promedio afectado por su tiempo muerto da como resultado 0,076 HH/kg. Para las tres mediciones realizadas se calculó la desviación estándar la cual fue de 0,020 mientras que su coeficiente de variación dio como resultado 28,9% el cual es un porcentaje alto y supera el 10% permitido según la teoría, lo que implicaría que se deben eliminar mediciones para poder bajar este a un rango a uno aceptable, pero por motivos de tiempo no se realizó y además hay que recordar que se debe alimentar la base de datos con esos rendimientos.

Las variaciones de los rendimientos se pueden deber a los cambios en las condiciones de trabajo de cada medición realizada ya que en el primer muestreo se contaba con cuatro trabajadores y en el muestreo dos y tres con un trabajador menos, además no siempre se llevaban a cabo las mismas tareas o bien las cuadrillas variaban las formas de realizar el trabajo lo que afecta y provoca estas variaciones.

Cabe resaltar que este proceso se analizó de forma conjunta con el de confección de armadura para vigas debido a que se realizan las mismas tareas, lo único que varía es la dimensión de los aros y ganchos que se quieren fabricar.

Proceso 2. Armado de la estructura de columna

El muestreo se realizó el día miércoles 17 de febrero a las 8:00 am con una temperatura de 20°C. Se analizó una cuadrilla que estaba compuesta de tres trabajadores, donde había un operario y dos ayudantes. Cabe decir que el trabajador tres colaboro con el proceso solo un momento y no durante toda la grabación. Para este muestreo se realizaron 385 observaciones para obtener un porcentaje de error aceptable del 5% y el video grabado fue de 41:30 minutos. De acuerdo con la unidad de resultados el cuadro 14 el cual muestra la productividad de la cuadrilla y de cada trabajador se pudo ver que cuentan con una productividad muy alta del 82% y que le trabajador que más baja productividad tiene fue el dos, esto debido a que sus labores eran de ayudante y en muchas ocasiones tuvo que esperar.

El figura 39 muestra los resultados de la distribución del tiempo a lo largo del análisis lo que nos dio como resultado un 67% de tiempo productivo y tan sólo un 18% del tiempo fue improductivo, lo que nos indica que es una cuadrilla que no esta tan afectada por los factores de baja productividad descritos en el diagrama de Ishikawa.

El Crew Balance de la figura 40, muestra el porcentaje de tiempo que se tarda en realizar cada tarea y se puede notar que la tarea que más se realizo fue la de amarrar aros en proporciones parecidas para cada trabajadores, lo que indica que siempre tuvieron los materiales a mano y todo lo que necesitaban para realizar este proceso.

Por otra parte el cálculo de los rendimientos se realizó basado en tres muestreos dando como resultado que la medición 2 fue la que menos trabajo realizo pero no obtuvo el menor rendimiento, esto debido a que la cantidad de trabajo realizado en la medición 1 fue mayor, y como se sabe el rendimiento está en función de las horas hombre y su cantidad de trabajo realizado. El rendimiento final del proceso afectado por el factor de tiempo muerto indica un 0,082 HH/kg y una desviación de los datos de 0,053 y un coeficiente de variación del 70,9% el cual es muy alto, y supera el 10% permitido lo que obligaría a eliminar mediciones que se encuentran en los extremos, pero por motivos de tiempo no se eliminaron y se dejaron así para alimentar la base de datos. La diferencia tan

amplia entre los rendimientos se debe a que las condiciones entre una medición y otra varían, en algunos casos así como la integración de las cuadrillas, fue variable, además las tareas no siempre se realizan de la misma forma ya que cada trabajador lo hace diferente.

Otra razón que sin duda alguna afecta es que de acuerdo a que tan cercana a cero este la media aritmética, estos valores tienden a perder valor, por lo que al calcular el coeficiente de variación este se dispara dando como resultado valores muy desviados, y como se puede ver la media da como resultado 0,075 HH/kg lo cual es muy cercano a cero.

Proceso 3. Armado de la estructura de muro

Para este estudio se analizó una cuadrilla compuesta por tres trabajadores y se realizó el muestreo el día 17 de febrero a la 1:30 pm con una temperatura de 28°C. Para este proceso se pueden ver los resultados a partir de cuadro 18, el cual muestra la lista de recursos necesaria para el proceso.

El cuadro 19 se ejemplifica la productividad la cual se encuentra dentro de los rangos normales, esto porque da como resultado un 58% y rango de proporcionalidad normal se encuentran entre el 40%-60%. Pero esta cuadrilla se ve afectada por las condiciones climatológicas eran muy pesadas, de alta temperatura, además el análisis se realizó después de almuerzo lo que baja mucho el rendimiento de los trabajadores, además este proceso sufrió un error ya que cuando se empezó a realizar, se colocaron varillas de acero más largas de lo que se necesitaban y después se tuvo que quitar y poner unas que se ajustaran a las medidas lo que atraso mucho el avance del proceso.

La distribución de tiempo del análisis dio como resultado un 42% de trabajo productivo e improductivo, esto de acuerdo con la figura 42, lo que indica que a pesar de que la productividad fue baja el tiempo perdido fue proporcional al trabajado y las labores de contribución fueron menores, pero sin duda alguna todo debido al error que se cometió durante el armado. Aun así la labor que más se realizo fue la de amarrar varilla en una proporción del 28% según el cuadro 20. Según la figura 43 que muestra el Crew Balance, la actividad más realizada fue la de amarrar varillas por parte del trabajador dos y en menor proporción por los otros trabajadores,

pero esta tarea se llevó a cabo muchas veces porque se debió amarrar dos veces las varillas colocadas en la misma zona por el error antes mencionado.

Por su parte los rendimientos obtenidos de este proceso se pueden ver en el cuadro 22 lo que da un resultado bastante diferente entre la primera medición, la dos y tres por el inconveniente que se mencionó al inicio de este análisis. El rendimiento final afectado por el factor de tiempo muerto dio como resultado un 0,071 HH/kg con un coeficiente de variación de los datos del 48% lo cual es muy alto pero debido a variaciones en las condiciones de trabajo o la integración de las cuadrillas que en algunos casos incrementaba o disminuía. Por motivos de tiempos no se eliminaron los datos que se encontraban fuera de rango o muy alejados unos de otros, por lo que se procede a alimentar la base de datos con este rendimiento. Además las variables que se suscitaron en la primera medición no se dieron en los demás muestreos lo que afecta el rendimiento final obtenido.

Proceso 4. Colocación de formaleta

Para este estudio la productividad se analizó una cuadrilla compuesta por cuatro trabajadores, el día jueves 18 de febrero a las 8:10 am con unas condiciones climatológicas agradables de 21°C.

En el cuadro 24 del apartado de resultados se observa que la productividad de la cuadrilla fue del 58%, la cual es normal pero lo que la afecta se podría decir que es la hora en la que se analiza, ya que se debe tomar en cuenta que es casi fin de semana y los trabajadores se pueden sentir cansados lo que los afecta aunque sea en la mañana.

La distribución de tiempo anduvo inclinada hacia el tiempo improductivo en su mayoría debido a que la tarea que más se realizó fue la de esperar lo que no le agrega nada a la labor realizada, además para este proceso se debía limpiar los paneles de formaleta en algunos momentos, lo que dificultaba el avance y era una labor que se debía realizar dos veces porque en teoría ya los paneles van limpios y listos para usar antes de colocar. El acarreo es un factor que más afecta la productividad de este proceso ya que se deben acarrear los paneles desde otras partes del edificio y aún más complejo, entre dos

personas mínimo porque estos son pesados y difíciles de llevar por una persona sola.

Cabe mencionar que la productividad fue baja debido también al desorden que se encontraba en el lugar de trabajo, por lo que se debía pasar sobre algunas herramientas y materiales para poder llegar al lugar de trabajo.

Los rendimientos por otra parte son muy variables uno del otro, esto debido a que la cantidad de trabajo realizado siempre vario y las cuadrillas nunca fueron las mismas, además la cantidad de trabajadores nunca fue constante.

Esta diferenciación se nota en el coeficiente de variación el cual fue del 48,6%, dando indicios de ser muy alto y superar el mínimo de 10% aceptable, sin embargo no se eliminaron los datos muy extremos por motivos de falta de tiempo y porque es importante alimentar la base de datos que se realiza para la Oficina de Ingeniería. Cabe resaltar que esta actividad siempre se veía afectada por el desorden del sitio y las distancias de acarreo eran muy largas, por lo que en algunos muestreos se acarreo más que otros porque lo que se pretendía siempre era buscar los paneles más cercanos sin embargo no siempre fueron así, lo que alteraba la cantidad de trabajo realizado al final de la jornada y variaba el rendimiento.

Proceso 5. Fabricación de concreto

Para este proceso se analizó la cuadrilla que siempre realiza el concreto para cualquier estructura que se quiera colar, pero para este caso se realiza concreto para muros y columnas.

La cuadrilla está compuesta por cinco trabajadores de los cuales tres son operarios y dos son ayudantes. Para este proceso se realizaron 635 mediciones para un error de 3,8%. Este muestreo se realizó el lunes 22 de febrero a las 2:00 pm con una temperatura de 28°C.

Para este proceso cabe resaltar que la fabricación de concreto, depende mucho de la velocidad de colado, además para este muestreo se tardó mucho colando muros y columnas, lo que retrasa el proceso de fabricación porque se depende del balde y la grúa, por lo que se puede ver que la productividad de la cuadrilla es muy baja, apenas del 14% según el cuadro 29, esto debido a que todos los trabajadores estuvieron detenidos por aproximadamente 15 minutos lo que hace que el tiempo productivo sea de 11%

mientras que el improductivo del 86% y todo por el tiempo que se perdió durante el colado y que afecta la fabricación.

La tarea que más se realizó o más se observó fue la de esperar y que todos los trabajadores la realizaron en partes proporcionales.

El cuadro 32 muestra los rendimientos calculados, que fueron únicamente dos, por razones de tiempo. Ambas mediciones se realizaron bajo condiciones muy similares y dio como resultado un rendimiento de 3,013 HH/m³ ya afectado por el factor de tiempo muerto. El coeficiente de variación da 26,8% lo que representa lo desviados que están los datos de su media, lo que hace pensar que esos datos no son tan similares en sus condiciones y que varían por la composición de las tareas que realizan. Cabe decir que la medición 1, la cuadrilla estuvo detenida por casi 15 minutos lo que altera mucho el primer rendimiento, mientras que en la medición dos las labores se realizaban de una manera más ágil. No se calcularon más mediciones por falta de tiempo, ni se eliminaron datos por la misma razón, además por la necesidad de alimentar la base de datos.

Proceso 6. Colado de concreto

Para este proceso se realizó la observación el día lunes 22 de febrero a las 2:00 pm, la cuadrilla de estudio estaba compuesta siete trabajadores de los cuales tres eran operarios y cuatro ayudantes y el video filmado fue de 33:30 minutos.

Para el análisis de este proceso cabe resaltar que se depende directamente del proceso anterior de fabricación de concreto por lo que si uno de los procesos se tarda, retasaría a ambos. El proceso de colado de muros es un proceso lento debido a que se realiza con balde y grúa lo que hace que se deba tener mucho cuidado en el momento de la descarga el concreto dentro de la formaleta, ya que si se realiza de forma rápida provoca que el concreto se desborde y este se riegue, además los trabajadores deben estar colocados sobre una repisa anclada a la formaleta que funcionan como base para que se puedan movilizar, sin embargo en el instante de bajar y subir de ellas el proceso se ve interrumpido debido a que es difícil subir y bajar de allí.

La productividad de la cuadrilla dio como resultado 48% esto según el cuadro 34, lo que

indica que los factores antes mencionados si afectan así como los tiempos de espera entre la llegada de un viaje del balde y otro. En el cuadro 35 de tareas realizadas por cada trabajador se puede ver que durante las observaciones realizadas la tarea que más se llevó a cabo fue la de esperar correspondiente a un 50% del tiempo total de análisis, lo que hace que el trabajo productivo sea del 32% mientras el improductivo alcanza el 52%, esto de acuerdo a la figura 51.

Según el Crew Balance y su análisis de cada trabajador se puede ver claramente que la tarea de esperar fue la que más se llevó a cabo por cada trabajador, todo debido a los retrasos en el acarreo del balde con la grúa o bien a la lenta fabricación del concreto en la batidora.

Para optimizar este proceso se podrían eliminar varios miembros de la cuadrilla, los que cuenten con la productividad más baja, con el fin de que esta labor se lleve a cabo de una forma más eficiente.

Por otra parte los rendimientos calculados para este proceso fueron únicamente dos por razones de tiempo, lo que da como resultado un rendimiento total afectado por su factor de tiempo muerto de 2,584 HH/m³ con un coeficiente de variación de 4,6% lo que indica que es muy bajo y aceptable, revelando que las condiciones de colado no se variaron tanto de una medición a otra, ni las condiciones de la cuadrilla cambiaron radicalmente como en otros procesos.

Proceso 7. Desencofrado

Este proceso se examinó el martes 23 de febrero a las 8:30 am, analizando a una cuadrilla de tres trabajadores, compuesto por un operario y dos ayudantes. De acuerdo con el cuadro 39 se pueden observar las productividades de la cuadrilla y cada trabajador, la productividad de la cuadrilla da un 52%, esto se puede deber a que el proceso se lleva a cabo esperando mucho por parte de cada trabajador para realizar otra tarea, lo que baja considerablemente la productividad. De acuerdo con el cuadro 40 se puede ver que la tarea de esperar se realizó por 106 veces, pero no fue la que más se hizo, ya que la que más se llevó a cabo fue la quitar pin o llave como se conoce en algunos lugares, que se realizaron 135 veces equivalente al 32% del tiempo de análisis.

Por otra parte el porcentaje de tiempo productivo e improductivo fue del 48% lo que

hace ver que hubo un equilibrio entre ambos pero que se sacrificó en la productividad de la labor realizada.

El Crew Balance muestra el porcentaje de tiempo que cada trabajador invirtió en la realización de cada tarea, donde se puede observar que la tarea de quitar pin fue la que más realizaron en dos de los tres trabajadores, sin embargo no contribuyo en mucho a que la productividad se incrementara. Otras tareas observadas que se pueden considerar es el ausente y hablar, lo que hace que los trabajadores no produzcan y se baje la productividad todo por falta de supervisión.

Los rendimientos calculados por otra parte, fueron tres mediciones las cuales dan como resultado en rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 0,992 HH/m², y un coeficiente de variación de los datos que asciende al 86,7%, lo que muestras que los datos difieren en gran medida uno del otro y de su media, para solucionarlo sería ideal eliminar datos extremos y buscar que las cuadrillas sean similares con respecto a la del primer análisis, pero por falta de tiempo esto no se realizó y cabe decir que se utilizaron para alimentar la base de datos.

Además las variaciones se pueden deber a que no siempre se realizaron las mismas tareas por parte de los trabajadores y que los trabajadores varían su forma de trabajar lo que puede hacer que se alteren las condiciones. Sería bueno realizar un cálculo de rendimientos por tarea, para así evitar tanta variabilidad entre las condiciones de trabajo y poder hacer una clasificación más selectiva y concisa de las labores y que estas coincidan para cada muestreo realizado.

Actividad 2. Vigas de concreto

Proceso 1. Colocación de formaleta base

El análisis de este proceso se realizó el miércoles 24 de febrero a las 10:00 am, a una cuadrilla compuesta de tres trabajadores, dos operarios y uno es ayudante. Se realizaron 393 observaciones que dando como resultado un error del 4,7% bastante aceptable. La productividad de la cuadrilla según el cuadro 44 dio como resultado un 58%, lo que indica que es normal, además las tareas improductivas corresponden a un 42% de la distribución de

tiempo, lo que indica que la mayor parte de lo analizado no se realizó nada por hacer crecer el proceso constructivo, mientras el productivo alcanzo un 41%. Se puede ver que el nivel de proporcionalidad de productividad ronda el 60%-40%, por lo que se puede considerar como una condición normal bajo los resultados que se obtuvieron de 58%-42%.

Según el Crew Balance los trabajadores 1 y 2 realizaron en su mayoría la tarea de amarrar tensores, mientras el trabajador 3 espero la mayoría del tiempo lo que nos indica que la cuadrilla podría ser mas efectiva en sus labores con dos trabajadores que con tres.

Los rendimientos por otra parte se exponen en el cuadro 47 de la sección de resultados, donde se observó que el rendimiento final afectado por el factor de tiempo muerto da como resultado 2,329 HH/m² y un coeficiente de variación de 19,8%, lo que indica que los datos no están tan desviados de su media como en otros procesos pero aun así se podrían mejorar, para alcanzar en 10% permitido.

Cabe decir que una media aritmética con valores tan cercanos a cero suelen perder valor lo que genera una dispersión mayor de los datos.

La variabilidad entre las mediciones pudo provocar que la desviación de los datos sea altos, además las cuadrillas no siempre se componían de la misma cantidad de trabajadores y estos no siempre se realizaban las mismas labores lo que hace que se varíen o desvíen los datos.

Proceso 2. Confección de armadura para vigas

Para este proceso se analizó el cuarto de armadura, pero esta vez en la fabricación de aros para vigas, se llevó a cabo el miércoles 24 de febrero a la 2:30 pm, la cuadrilla analizada se componía de tres trabajadores de los cuales dos eran operarios y uno era ayudante.

La productividad de la cuadrilla fue del 80% según el cuadro 49 de la sección de resultados, lo cual es un indicativo de que estos trabajadores no se vieron tan afectados por los factores descritos en el diagrama de Ishikawa, así como distracciones o trabajos extras por parte de los trabajadores que llegan buscando que se les fabrique aros y ganchos porque los están necesitando en el lugar de armado de alguna estructura.

En el cuadro 50 se muestran las tareas realizadas por la cuadrilla de trabajadores donde

se puede ver la tarea de doblar aros se realizó en 179 ocasiones correspondiente al 46% del tiempo lo que es un indicativo de que el cuarto de armadura trabaja bien y realiza su trabajo con gran efectividad.

La distribución de tiempo indica que el tiempo productivo equivale a un 48% mientras que el improductivo un 20%, por otra parte la labor de contribución equivale a un 32%, por lo que este proceso se podría optimizar un poco más evitando tanto acarreo.

Los rendimientos se pueden observar en el cuadro 52, dando como resultado un rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 0,076 HH/kg y un coeficiente de variación del 28,9%, lo que indica que los datos de cada medición difieren unos de otros y con respecto a su media, por lo que lo ideal sería eliminar los datos extremos y calcular nuevos pero por razones de tiempo no se realizó, además se debe alimentar la base de datos.

La variabilidad de las condiciones entre una medición y otra hace que los rendimientos varíen, porque no siempre se tenían las mismas condiciones para las diferentes mediciones, ya que se variaba el tamaño de la cuadrilla y los trabajadores tienen diferentes formas de hacer sus labores lo que implica que haya conmutaciones.

Cabe resaltar que este proceso se analizó de forma conjunta con el de confección de armadura para columnas debido a que se realizan las mismas tareas, lo único que varía es la dimensión de los aros y ganchos que se quieran fabricar.

Proceso 3. Amado de estructura de viga

Para el análisis de productividad para este proceso se realizó el jueves 25 de febrero a las 8:00 am con una temperatura de 22°C, en el cual se realizaron 394 observaciones para obtener un porcentaje de error aceptable de 4.8%, la cuadrilla analizada se componía de dos trabajadores un operario y un ayudante, los cuales fueron estudiados por 48:30 minutos. En el cuadro 54 se pudo observar la productividad de la cuadrilla, la cual fue baja de apenas el 36% y si vamos a ver el cuadro 55 de tareas realizadas por cada trabajador donde el 34% del tiempo se observó ausencia de alguno de los trabajadores lo que fue la observación más vista a lo largo del

análisis y hace que la productividad sea muy baja.

Por otra parte el tiempo productivo mostrado en la figura 63, la cual indica que el 64% del tiempo no se realizó nada por aportarle trabajo al proceso esto debido a que los trabajadores tuvieron que ir a buscar aros al cuarto de armaduras teniendo que bajar desde el nivel cinco hasta el uno lo que retraso el proceso. Por otra parte una vez que los trabajadores tenían los materiales para armar la estructura de la viga invirtieron tan solo un 28% del tiempo en producir la estructura, debido a que no se tenían las instrucciones claras y tuvieron que pensar como realizar el trabajo, por otra parte en menor proporción 8%, se realizaron los trabajos de contribución.

El Crew Balance muestra que la mayoría del tiempo los trabajadores estuvieron ausentes o bien esperando lo que es el indicio de esos resultados de productividad tan bajos que se tienen. Aquí cabe resaltar que si se tuvieran los materiales cerca y antes de comenzar las labores se podría ahorrar mucho tiempo y dinero, ya que solo acarreado materiales se perdieron 17 minutos en dos trabajadores lo que representa un gasto innecesario, por no haber planificación previa. Si puede planear ya sea acarreado aros con la grúa y de forma programada o bien que se acarren antes de comenzar la labor al inicio de la jornada laboral justo cuando los trabajadores se dirigen al lugar de trabajo.

Por su parte los rendimientos calculados indican que se tuvo un rendimiento final afectado por el factor de tiempo muerto de 0,039 HH/kg, realizando tres mediciones a diferentes cuadrillas. El coeficiente de variación muestra un 17,8% de desviación de los datos, lo que se puede deber a que la media es muy cercana a cero lo que hace que los datos pierdan valor y estos se desvíen con mayor facilidad que datos no cercanos a cero, además de que las condiciones de trabajo siempre son variables, debido a que nunca se mantuvo la misma cuadrilla y además las condiciones para subir hasta la viga eran difíciles y con escaleras un poco lejos lo que retrasaba los procesos de acuerdo a que tan lejos estaban del lugar de subir y bajar.

Aquí se podría decir que eliminar datos extremos sería una solución sin embargo no se realizó por falta de tiempo y ante la necesidad de alimentar la base de datos que es el producto final y la razón de ser del cálculo de rendimientos.

Proceso 4. Colocación de formaleta lateral

La productividad de este proceso se analizó el día 29 de febrero con una temperatura de 25°C, en la cual se analizaron a tres trabajadores por un tiempo 29:15 minutos.

La cuadrilla se componía de un operario y dos ayudantes. La productividad se pudo observar en el cuadro 59 lo que muestra que el operario quien es el trabajador 1 es quien más trabaja mientras los otros dos ayudantes casi no realizan nada porque su productividad es muy baja, lo que indica que esta cuadrilla se podría optimizar removiendo un ayudante y así evitando tanto desperdicio de tiempo y recursos. La cuadrilla cuanta con una productividad del 46% y hace pensar que quien baja esta productividad es el trabajador 3 quien tan solo cuenta con un 23% de productividad, por lo que eliminarlo de la cuadrilla sería algo que beneficiaría esta labor.

Por otra parte la distribución de tiempo indica que el 54% del tiempo fue consumido en trabajo improductivo mientras tan solo el 33% fue efectivo para esta labor, y si vamos a al cuadro 60 de tareas realizadas por cada trabajador muestran que labores como esperar, acomodarse, caminar son de las que más se llevan a cabo, y estas tareas no agregan nada al proceso.

El Crew Balance muestra que el trabajador 1 realiza mucho trabajo productivo mientras que el 2 lo hace en menos proporción, mientras el 3 lo que más realiza es esperar.

Los rendimientos calculados para este proceso, los cuales se muestran en el cuadro 62, indican que el rendimiento final afectado por el factor de tiempo muerto es de 0,657 HH/m², mientras que el coeficiente de variación es bajo de apenas un 8,1% lo que indica que las mediciones hechas no se encuentran tan desviadas de la media o los datos uno del otro, lo que hace ver que las tareas que realizaron en cada muestreo fueron similares y nunca se varió lo que se realizaba.

Proceso 5. Fabricación de concreto

El análisis de productividad de este proceso se llevó a cabo el día lunes 7 de marzo a las 7.50 am, con una temperatura agradable de 20°C. La cuadrilla estudiada es la misma que siempre realiza concreto, compuesta por cinco personas

de los cuales tres son operarios y dos son ayudantes.

El análisis se realizó por 31:15 minutos, y se realizaron 635 observaciones para obtener un error aceptable de 4,2%.

El cuadro 64 del apartado de resultados muestra la productividad de la cuadrilla la cual es del 34%, porque este proceso depende directamente del colado de la viga realizada en el entrepiso del nivel seis, por lo que si el colado se retrasa, la fabricación se ve afectado.

La productividad indica que si el operario de la batidora es quien más trabaja, mientras que los que dosifican cemento no lo hacen regularmente, por lo que esta cuadrilla se puede reducir, eliminando a un trabajador de los que dosifican cemento porque su labor se realiza de forma muy pausada y la puede realizar sólo una persona.

En el cuadro 65 se muestra que la tarea que más se observo fue la de esperar y represento un 54% del tiempo total analizado, lo que indica que la labor de realizar concreto con balde no es tan rentable como parece y se podrían buscar soluciones como concreto premezclado para evitar tanto tiempo desperdiciado entre la llegada de un balde y otro a la fabricación.

La distribución de tiempo revela que el 66% del tiempo se realizaron labores improductivas mientras que solo el 24% fueron productivas y el 10% de contribución.

El Crew Balance en su figura 70 muestra que los cinco trabajadores la labor que más realizan es esperar por lo que ahí está el principal problema de esta actividad en tanta labor de espera.

Por otra parte los rendimientos calculados para este proceso fueron únicamente dos por razones de tiempo, lo que da como resultado un rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 1,038 HH/m³ y un coeficiente de variación entre los datos del 20,5%, lo que indica que los datos se encuentran desviados de la media aritmética. Esto se puede deber a que entre una medición y otra no se realiza la misma cantidad de trabajo o bien el tiempo del muestreo es variable, también se puede deber a que los tiempos de espera son inconstantes, ya que como se mencionó antes, se depende del proceso de colado para la realización del concreto, y en algunos casos la cuadrilla de colado es mas efectiva que en otros

momentos, o bien la zona de colado es más accesible y fácil de colar.

Proceso 6. Colado de concreto

Este proceso se analizó el lunes 7 de marzo a las 9:50 am con una temperatura de 23°C, la cuadrilla se componía de doce trabajadores, la cuadrilla más grande que fue utilizada en el proyecto. Para el análisis se obtuvieron 1224 observaciones para un error inferior al 5%.

La cuadrilla se componía de siete operarios y cinco ayudantes, los cuales tuvieron una productividad del 42% según el cuadro 69 lo que hace pensar que una cuadrilla tan grande se podría optimizar reduciendo la cantidad de personal, ya que hay trabajadores que si trabajan muy duro pero hay otros que no tanto y tienen productividades por debajo del 30% lo que afecta a toda la cuadrilla, por lo que aquí se podrían eliminar hasta cuatro personas para hacer esta labor más productiva.

En el cuadro de tareas realizadas por cada trabajador se puede ver que la tarea que más se observó fue la de esperar que representa un 34% del tiempo de análisis, lo que implica que la productividad bajó mucho.

La distribución de tiempo ejemplifica que el 58% del tiempo la cuadrilla no hizo nada por avanzar mientras que sólo el 32% del tiempo la cuadrilla produjo labores efectivas. Este proceso depende de la fabricación de concreto por lo que si el proceso anterior se retrasa, este lo hará también, sin embargo de acuerdo a lo observado el proceso que más retrasa es en la mayoría de las veces es el colado y la velocidad con que este se haga.

Por otra parte el Crew Balance muestra que la observación de esperar representa la mayor parte del tiempo para cada trabajador lo que indica que el acarreo de concreto con grúa afecta la productividad de la cuadrilla.

Mientras tanto los rendimientos indican que el rendimiento final fue de 1,874 HH/m³ mientras que los datos tuvieron un coeficiente de variación de apenas el 7,5% lo que indica no hubo tanta variabilidad entre los muestreos aun sabiendo que una medición se realizó con doce personas y la otra con diez.

Proceso 7. Desencofrado

El estudio de productividad de este proceso se realizó el día martes 29 de marzo con una temperatura de 29°C a las 2:30 pm. La cantidad de observaciones totales fue de 454 con un porcentaje de error aceptable inferior al 5%. La cuadrilla analizada se componía de cinco personas pero la quinta persona no estuvo durante todo el tiempo de análisis el cual fue de 25:30 minutos, por lo que este trabajador no participó de todas las labores.

La productividad de la cuadrilla fue del 38% donde los que más trabajan son los operarios. La productividad no es tan alejada del rango normal, pero este valor se puede deber a los largos tiempos de espera los cuales representan el 28% del tiempo, lo que causa que la productividad de la cuadrilla bajó considerablemente. Por otra parte el tiempo improductivo fue del 62% lo que indica que hubo mucho tiempo desperdiciado mientras que sólo el 28% del tiempo fue invertido en producir, esto según la figura 75.

El Crew Balance en la figura 76 representa que los trabajadores 1, 2, 3, 4, la labor de esperar es la que más realizaron, por otra parte el trabajador 5, quitó viguetas en la mayoría del tiempo, por lo que este fue el más productivo de la cuadrilla.

Los rendimientos calculados para este proceso fueron tres, los cuales dan como resultado un rendimiento de 1,432 HH/m², y un coeficiente de variación de los datos de 25,1%, lo que implica que hubo variabilidad entre los muestreos, ya sea porque en un muestreo se realizaron más tareas que en otro o bien debido a que los tiempos de espera variaron o no se contaba con los materiales necesarios, pero sin duda alguna lo que más afecta es que el primer muestreo se contaba con cinco trabajadores mientras que en los otros dos muestreos se tenían dos y un trabajador respectivamente, lo que cambia mucho las condiciones, pero por falta de tiempo no se eliminaron estos datos además se debía ajustar a las condiciones que ofrecía el proyecto y en ese momento la cuadrilla se disminuyó por falta de personal.

Actividad 3. Entrepiso

Proceso 1. Armado de bases para estructura de losa

La investigación de productividad del proceso de armado de bases para estructura de losa se llevó a cabo el miércoles 2 de marzo bajo una temperatura de 27°C, en la cual se realizaron 385 observaciones para obtener un porcentaje de error del 5%. La cuadrilla estudiada se constituía de tres trabajadores de los cuales había un operario, un ayudante y un peón. Las observaciones se hicieron por 45:00 minutos y dieron como resultado una productividad de aceptable de 67% en la cual todos los trabajadores contaron con porcentajes mayores al 60%, esto según el cuadro 79. La distribución de tiempo indica parámetros muy similares donde el tiempo productivo fue de tan sólo el 38% mientras que 33% fue improductivo, por otra parte las labores de contribución alcanzaron un porcentaje considerable de 29%, esto debido a que habían muchas tareas de sostener y acarrear así como la de cortar alambre negro, que puede ser una tarea que se realice previamente para evitar retrasos en el proceso de armado.

La figura 79 muestra el Crew Balance donde se pudo observar que las labores de esperar son de las que más realizan los trabajadores, por ejemplo el trabajador 1 realiza mayormente la tarea de amarar tensores, por otra parte el trabajador 2 lo que más hace esperar, mientras el tercer trabajador acarrea viguetas en gran parte del tiempo. Para este proceso se puede concluir que las tareas de contribución juegan un papel primordial para poder realizar esta labor por lo que se puede optimizar tratando de tener materiales listos, acarrear menos teniendo todo cerca y que principalmente las labores de sostener tanto puntales como tensores se haga de una manera más ágil o bien se evite.

Por su parte los rendimientos calculados para este proceso dan como resultado un rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 0,203 HH/m² con un coeficiente de variación del 32,6%, lo que indica que los datos al estar su media tan cerca del cero, estos pierden valor y su desviación se dispare a valores altos pero sin duda alguna la principal razón es por la variación de las condiciones de trabajo, ya que en algunas mediciones se tenían tres trabajadores mientras en otros cinco o hasta dos, lo que altera considerablemente las condiciones, pero esto no es culpa de quien investiga sino más bien son variables que dentro de la construcción no se controlan y hace que los procesos no sean

eficientes y más bien se invierta o gaste más de lo que se debería o podría. En algunos casos lo que se observó que se hacía es que cuando se necesitaba realizar un proceso rápido se destinaba más cantidad de personal a las tareas o procesos de interés lo que en algunos casos no era la solución sino más bien entorpecía el avance y provocaba gastos excesivos.

Proceso 2. Colocación de losa prefabricada (Filigran)

El siguiente proceso se analizó el martes 1 de marzo a las 3:40 pm, con una temperatura de 24°C, se realizaron 726 observaciones para un total de seis trabajadores de los cuales dos eran operarios y cuatro ayudantes. El estudio se llevó a cabo durante 30:00 minutos y arrojó resultados de productividad de 14%, según el cuadro 84 el cual es un resultado sumamente bajo debido a que las losas tipo filigran se debieron cortar con ayuda del esmeril, antes de colocar porque estas no cabían en el área donde se deseaba ubicar lo que retrasaba todo el proceso de colocación y los trabajadores debían estar detenidos haciendo nada por largos lapsos de tiempo.

La figura 81 del apartado de resultados se puede observar que el tiempo improductivo alcanzó valores de 86% del total del tiempo lo que indica que el tiempo desperdiciado fue casi todo el muestreo, todo por culpa del corte de la losa, el cual es un corte complejo porque se debe cortar la losa de concreto y luego las varillas de acero, además se le debe dar vuelta a la losa en algunos casos para poder cortar en zonas incómodas.

En el Crew Balance se puede ver claramente que la espera fue lo que más hicieron cada uno de los integrantes de la cuadrilla, además se podría preguntar porque una cuadrilla tan grande para una labor que es solo de colocar o guiar la losa con ayuda de la grúa torre, por lo que aquí reducir esta cuadrilla sería una solución viable y así el tiempo perdido no signifique gasto excesivo de recursos en tantas personas que conforman la cuadrilla.

Por su parte los rendimientos calculados para este proceso fueron tres a diferentes días y horas, representados en el cuadro 87, arrojando un rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 0,364 HH/m², con una desviación de los datos del 44,3%, esta variación indica que los procesos no realizaron tareas muy

similares o que las condiciones variaron mucho de un proceso a otro, lo que implicaba eliminar datos para dar una mayor validez estadística y que los datos no estuvieran tan desviados sin embargo no se hizo por falta de tiempo y porque se debía alimentar una base de datos, además los tiempos de espera varían lo que afecta la cantidad de trabajo realizado al final de la medición.

Proceso 3. Colocación de armadura para losa

La productividad de este proceso se analizó el día sábado 27 de febrero a las 10:00 am con una temperatura de 21°C. Se realizaron 504 observaciones para obtener un porcentaje de error inferior al 5%. La cuadrilla se integraba por cuatro trabajadores donde dos de ellos son operarios y el resto ayudantes, a partir del estudio se obtuvieron productividades tanto de la cuadrilla como de cada trabajador arrojando resultados de un 52% de productividad para la cuadrilla, esto de acuerdo con el cuadro 89. Cabe decir que para poder realizar este proceso se necesita todo el acero de refuerzo cerca para colocarlo, pero en algunos casos se debía acarrear y se tarda aproximadamente 10 minutos en ir hasta el cuarto de armadura desde la azotea lo que retrasa mucho el proceso, aunque esta labor la lleven a cabo por lo general los ayudantes.

De acuerdo a la distribución de tiempo descrita en la figura 84, el 48% del tiempo fue improductivo mientras el 48% fue productivo y el restante 4% de contribución. La tarea que más se realizó fue de amarrar varilla, de los cuales el trabajador 1, 3 y 4 fueron los que más la realizaron mientras que las tareas de contribución no fueron tan relevantes en este proceso ya que solo se observaron veinte dos veces de las quinientas cuatro observaciones.

Por otra parte los rendimientos calculados para este proceso fueron únicamente dos, todo por razones de tiempo, de aquí se obtuvo que el rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto fue de 0,027 HH/kg con una desviación de los datos del 5,8%, lo cual es un valor aceptable y quiere decir que las condiciones no son tan variables, además otro punto a tomar en cuenta es que la cuadrilla no varió debido a que fue la misma en ambas mediciones.

Proceso 4. Fabricación de concreto

Se estudió el lunes 7 de marzo a las 11:00 am con una temperatura de 28°C, en la que se hicieron 540 mediciones para una cuadrilla de cinco trabajadores, la cual nunca varía y se mantiene para toda la investigación. La productividad de la cuadrilla alcanzó apenas el 37%, esto de acuerdo con el cuadro 94, lo que se puede deber a la gran cantidad de tiempo que se debe esperar para producir 0.4 m³ de concreto en la batidora, además que el proceso de colado retrasa la fabricación porque son procesos enlazados entre sí por el equipo que utilizan. En cuadro 95 se puede observar que el tiempo que más se consumió fue el de esperar que representa un 48% del total. La figura 87 muestra que el tiempo improductivo alcanzó el 63%, lo que implica que la actividad solo se realiza en el 26% del tiempo porque la labor de contribución representa un 11%.

El Crew Balance en la figura 88 representa que para cada trabajador el esperar fue lo que más hicieron la mayoría del tiempo porque el colado retrasa el proceso. Por esta razón se podría considerar que utilizar concreto premezclado puede ser una opción para evitar tanto desperdicio de recursos.

Los rendimientos calculados por otra parte fueron únicamente dos sin que variaran mucho las condiciones y dando como resultado 1,024 HH/m³ con una desviación de datos de tan solo 4,9% lo que indica que es aceptable a pesar de que las condiciones siempre varían.

Proceso 5. Colado de concreto

Para realizar las observaciones hechas a este proceso se eligió el día lunes 7 de marzo a la 1:50 pm, con una temperatura de 30°C. Se pudieron analizar 1495 observaciones para una cuadrilla compuesta de doce trabajadores en la cual había siete operarios y cinco ayudantes. El análisis arrojó datos de productividad del 42%, según el cuadro 99, lo que indica que es un valor muy bajo y todo se debe a que en la cuadrilla hay trabajadores con productividades inferiores al 35% inclusive llegando al 13%, lo que es un indicativo de que hay muchas personas para realizar una labor que bien podría llevar a cabo la mitad de estas personas, o un número inferior de trabajadores y así hacer de este proceso más productivo y efectivo.

El cuadro 100 muestra las observaciones realizadas para el análisis lo que indica que esperar fue lo que más hizo la cuadrilla en un total del 47% del tiempo de 31:45 minutos analizados. Este proceso esta enlazado con la fabricación de concreto y depende directamente de él, por lo que aquí se podrían analizar factores de costo beneficio para optimizar la colada, como por ejemplo usando concreto premezclado y una bomba telescópica para evitar que el personal este tanto tiempo detenido sin hacer nada y de esta forma haya menos desperdicio de recursos.

La distribución de tiempo mostrada en la figura 90 revela que el 58% del tiempo fue improductivo mientras solo el 34% fue productivo lo que indica que en este proceso hay cosas que están muy mal y se deben corregir como se mencionó antes, sin embargo se encuentran dentro de rango de proporcionalidad de 60%-40%. Por otra parte el Crew Balance de la figura 91 deja aún más en evidencia que la labor de esperar fue la que más se observó en cada trabajador.

Los rendimientos calculados para este proceso fueron únicamente dos por razones de falta de tiempo, donde se obtuvo un rendimiento promedio afectado por el factor de tiempo muerto de 2,139 HH/m³ con un coeficiente de variación de los datos de 1,4%, lo que indica que es aceptable aun cuando las condiciones variaron, debido a que en el primer muestreo se contaba con una cuadrilla de doce trabajadores y en el segundo muestreo se contó con diez.

Proceso 6. Desencofrado

Para poder estudiar productividad a este proceso se decidió observar el día martes 29 de marzo a las 2:45 pm, realizando 296 mediciones, para un total de cuatro trabajadores, de los cuales uno era operario y tres ayudantes. Este muestreo no tiene el mínimo de observaciones, las cuales deben ser de 384, debido a que se grabó todo el proceso y este se realizó en menos de media hora ya que es una labor muy rápida de realizar, por lo que aquí el error es mayor al 5% pero se tomó en cuenta todas las labores para llevar a cabo este proceso.

La productividad de este proceso se describe en el cuadro 104 de la sección de resultados e indica que la productividad de la cuadrilla fue del 48%, donde cada trabajador estuvo con niveles similares. Al igual que los

procesos anteriores este proceso representó un 32% del tiempo para esperar lo que es un indicativo de que la cuadrilla se podría optimizar bajando el número de integrantes.

En la distribución de tiempo de la figura 93 se puede observar que el 52% del tiempo fue improductivo mientras que las labores de contribución son considerables, ya que alcanzan el 19% del tiempo mientras que el tiempo productivo no alcanzo el 30% y fue del 29%, con lo que se puede concluir que hay factores externos como los descritos en diagrama de Ishikawa que afectan el desempeño de los trabajadores, como por ejemplo el cansancio y las condiciones de seguridad, las cuales no eran muy buenas.

El Crew Balance demuestra que las labores realizadas por cada trabajador se opacan por tanto tiempo que se debe esperar para volver a llevar a cabo una tarea productiva, además se puede observar que quien menos espera por lo general es el operario mientras los ayudantes lo hacen más frecuentemente.

Por otra parte los rendimientos calculados para esta labor fueron únicamente dos por razón de tiempo. A partir de esto se obtuvo un rendimiento final afectado por el factor de tiempo muerto de 0,046 HH/m², con una desviación de los datos que alcanzó el 13,6%, esto de acuerdo con el cuadro 107. Esta desviación de los datos se puede considera aceptable debido a que hubieron variaciones en las condiciones de trabajo, ya que para la segunda medición se debieron mover paneles de formaleta que afectaron el desarrollo del desencofrado de la losa y por ende retraso todo el proceso, además el desencofrado se realiza cada 15 días aproximadamente, por lo que volver a medir el rendimiento de este proceso es un poco difícil.

Identificación de variables que afecten la productividad

Para identificar los factores que afectan la productividad se realizaron encuestas para consultar a los trabajadores acerca de los factores que los perturban y creen que bajan su productividad. Se hizo una pregunta en común para todos los tres tipos de personas entrevistadas, ingenieros, maestros de obras, trabajadores y subcontratistas como se puede ver

en la figura 96 lo que indica que el clima es el factor que más afecta la actividad que realiza, mientras que las que menos perjudican de acuerdo a su criterio fue la de relación con los compañeros.

Enfocados en la encuesta realizada a los ingenieros y maestro de obras el 100% de los entrevistados dijo que el diseño de sitio fue diseñado por un ingeniero de acuerdo con la figura 97, mientras que el 75% indicó que el diseño de sitio era el ideal mientras el 25% dijo que no lo era, pero si se hace un análisis muy objetivo se puede ver que el diseño de sitio era el principal problema que se tenía para la edificación de este proyecto, debido al desorden en la colocación de los materiales, bodegas, baños así como las grandes distancias de acarreo a las que había que someterse.

Cabe decir que el diseño de sitio no fue realizado por la empresa constructora Estructuras S.A, sino que este diseño fue proporcionado por el Tecnológico de Costa Rica de acuerdo a la licitación internacional ganada por el contratista, además al ser un proyecto financiado por el Banco Mundial se debía cumplir con reglamentación y lineamientos que ellos imponen y entre ellos era un diseño de sitio con baños lejos del área de trabajo por ejemplo, lo que complica mucho que el trabajo se productivo.

Para poder llevar a cabo este proyecto se subcontrató gran parte de la mano de obra así como se indica en la figura 98 en la que se muestra que el 75% de los entrevistados coincidió y dijo que el 25% de las labores son subcontratadas, y el 50% dice que estas labores afectan el avance del proyecto positivamente mientras el resto dijo que lo hace negativamente.

Para elegir los subcontratistas la empresa constructora se basa en la experiencia y el costo como los principales factores para elegirlos de acuerdo a la figura 99.

La encuesta de trabajadores arrojó datos interesantes como por ejemplo que el 80% de los trabajadores ya han realizado la actividad que se les encomendó, lo que es un buen augurio para la productividad ya que esto se puede interpretar como que no afectara las labores que realizan los trabajadores y estos comprenden lo que deben hacer, todo esto de acuerdo con la figura 100.

Sin duda alguna el contar con materiales y equipo es vital para poder avanzar y realizar los trabajos que son encomendados a los trabajadores por lo que se los pregunto si

cuentan con los materiales y equipo necesarios para llevar a cabo las labores que realizan, y se indicó que tres de cada cinco trabajadores cuentan con todo lo necesario mientras que dos trabajadores indicaron que a veces cuentan con lo que requieren, todo esto de acuerdo a la figura 101.

Por otra parte recibir los materiales a tiempo es muy importante para que haya un avance de los procesos por lo que de acuerdo con la figura 101, enseña que dos de cinco trabajadores si reciben a tiempo los materiales mientras otros dos no los reciben, y un quinto trabajador a veces cuenta con los materiales, es por esta razón que contar con materiales siempre será positivo e ínsita a las personas a desarrollar las labores y que estas no tengan que esperar tanto tiempo, como se pudo ver en los resultados de análisis de productividad.

Para muchos trabajadores consultados el tamaño de la cuadrilla era el correcto, sin embargo los resultados que se dieron en el análisis de productividad no lo indican así, ya que si la productividad era baja porque algún trabajador no era tan productivo, podría indicar que este sobraba dentro de la cuadrilla o bien el trabajo lo podían realizar sin su ayuda y así ser más productivos y optimizar los procesos.

El espacio de trabajo es un lugar vital para poder desempeñar de mejor manera las labores por lo que de acuerdo a la figura 103 los trabajadores muestran su malestar al decir que no laboran en un lugar espacioso, sin embargo esto se debe al desorden que había en las zonas de trabajo, según lo visto durante los análisis de los procesos. Se podía ver claramente que el desorden de los sitios de trabajo era evidente, y no se hacía nada por evitarlo, muchas veces se tenía que pasar sobre los materiales o herramientas para poder transitar lo que dificulta la movilidad y transporte de equipo y materiales lo que baja el desempeño de las cuadrillas.

Un factor muy importante para que los trabajadores laboren confiados y con ganas es la seguridad laboral dentro del proyecto, por lo que se les pregunto sobre las condiciones de seguridad donde el 60% dijo que las condiciones eran regulares y el restante 40% dijo que eran malas, de acuerdo a la figura 105, lo que hace ver que los trabajadores no están tranquilos cuando laboran y se sientan inseguros lo que provoca que los trabajos que hacen los hagan con temor y sin confianza lo que baja su

productividad y aumenta la duración invertida en la elaboración de cada proceso.

Por último se entrevistó a los subcontratistas donde se pudo ver que la mayoría de los trabajadores tienen las instrucciones claras y cuentan con experiencia para realizar lo que llevan a cabo, además cuentan con las condiciones adecuadas para realizar su trabajo dentro del proyecto, según la figura 106.

Todos los trabajadores cuentan con los materiales y equipos necesarios para desarrollar sus tareas, así como siempre reciben los materiales a tiempo lo que provoca que nunca retrasen las labores como por ejemplo de colado, la cual necesita de todo el sistema electromecánico listo para proceder con la chorroa.

De una forma subjetiva y consultando a los trabajadores, ingenieros y maestros de obras, se realizó un diagrama de Ishikawa, para poder detectar causas de baja productividad en la mano de obra, por lo que se basó en cuatro factores que son fuente principal de la baja productividad, los cuales son la mano de obra, materiales-herramientas-equipos, diseño de sitio y ubicación del proyecto, de los cuales se obtuvieron causas que se consideran afecta las labores realizadas y permiten obtener un panorama amplio de lo que afecta la productividad de las cuadrillas de trabajo.

El factor de mano de obra se afectó por múltiples causas pero una que se pudo notar a grandes rasgos en el proyecto fue las condiciones de seguridad, las cuales no son buenas debido al estado del equipo de protección personal, lo que hacía que los trabajadores se sintieran inseguros a la hora de realizar sus labores.

Otro factor considerado fue el diseño de sitio el cual fue deficiente pero esto no fue culpa de la empresa constructora debido a que el Tecnológico de Costa Rica fue quien lo diseñó e incluso hizo un reacomodo del mismo debido a que el espacio dado a Estructuras S.A., para la construcción de TIC'S-ISLIA invadía el cerramiento perimetral de otro proyecto que se iba a desarrollar cerca de este, lo que provocó movilización todas las obras provisionales que se habían instalado a un lugar aún más alejado lo que retrasa y aumenta el tiempo dedicado a estas labores y por ende afecta la productividad de las cuadrillas. Además los acarreos eran muy largos debido a que la mayoría de los materiales

estaban en zonas alejadas del área de trabajo, lo que hacía que los trabajadores invirtieran mucho tiempo en transporte.

Los materiales, herramientas y equipos para la mano son una clave en su afán de poder realizar y llevar a cabo con éxito las tareas encomendadas por cada trabajador, sin embargo no siempre se contó con todo esto y en algunos momentos se debía pedir prestado de algún equipo o herramienta a otra cuadrilla debido a que los trabajadores no contaba con todo lo necesario lo que hacía que los acarreos de herramientas y equipos fueran excesivos.

Además según lo escuchado la herramienta no era en su totalidad de la empresa constructora ya que se les pedía a los trabajadores contar con ciertas herramientas para poder trabajar y en algunos casos las personas no tenían las herramientas ni los medios para comprarlas.

Un último factor considerado es la ubicación del proyecto, lo que imposibilita que la mano de obra sea fácil de conseguir, por lo que la empresa constructora debía poner autobuses para el transporte de personas desde San José, debido a que en Cartago la mano de obra es escasa y de baja calidad, esto según el criterio de los expertos a quienes se les consultó, además no se le permite a ningún trabajador salir del proyecto a comprar ningún tipo de comida lo que afecta aún más que la mano de obra no quiera trabajar en proyectos de este tipo.

Base de datos

La base de datos es el producto final que se va a entregar a la Oficina de Ingeniería, como parte de la investigación, la cual permite calcular costo de mano de obra, de acuerdo a las características que se quieran desarrollar en proyectos nuevos que desee edificar el Tecnológico de Costa Rica.

Como se vio en la sección de resultados a partir de la figura 109, la base de datos desarrollada en Access 2013 permite ingresar datos de nuevos proyectos así como consultar los de proyectos ya ingresados, además permite ingresar o consultar actividades que componen los proyectos y sus respectivos procesos y a partir de rendimientos cálculos y extraídos de campo, realizar el cálculo de costo de mano de obra. Cabe resaltar que este costo de mano de

obra no contempla cargas sociales y de antemano se debe saber el costo de la hora operario, ayudante y peón, para ingresar estos datos la base y ella por si sola calcule el costo de la cuadrilla de trabajo necesaria para realizar determinada labor.

Conclusiones

- La base de datos realizada en Microsoft office Access 2013 permite el cálculo de costos de mano de obra a partir de la cantidad de trabajo realizado que se quiere analizar de acuerdo al proceso en estudio y el costo de las horas operario, ayudante y peón.
- Las actividades que más peso económico tienen para el proyecto de TIC'S fueron las de columnas-muros estructurales, vigas de concreto y entepiso debido a su nivel de detalle, cantidad de acero requerido y la forma irregular en planta y altura que tiene el edificio.
- Los niveles de productividad más bajos pertenecieron a la actividad de entepiso, debido a que los procesos mantenían un rango de productividad entre el 13% y un 67%.
- Los niveles de productividad más altos estuvieron ligados a la actividad de columnas-muros estructurales, debido a que algunos de sus procesos ya venían encaminados de la estructura del entepiso colada anteriormente.
- Los procesos de colado de concreto cuentan con un número excesivo de personas lo que tiende a bajar la productividad final del proceso, debido a que algunos de los trabajadores casi no laboran lo que implica que estén sobrando dentro de la cuadrilla.
- De los factores identificados que más afectaron la productividad, el que más problemas dio fue el diseño de sitio debido a las largas distancias de acarreo, falta de orden y planificación en el momento de realizar las labores.
- La ubicación del proyecto afecta la calidad de la mano de obra, además en Cartago no hay muchas personas dedicadas a la construcción y hay ausencia de operarios.
- Los muestreos de rendimientos nunca fueron muy similares entre sí ya que las variaciones en las condiciones de trabajo siempre se dieron, ya sea por la variación de la composición de la cuadrilla o por la cantidad de trabajo realizado.
- La variación de las condiciones en el momento de realizar el trabajo es algo difícil de controlar en el proyecto de TIC'S debido a que la empresa constructora no estandariza los procesos y la composición de las cuadrillas siempre varía.
- La productividad no necesariamente será la suma del tiempo contributivo más el productivo, ya que hay tareas que no aportan nada a las actividades ya sea porque se realizaron por error o bien dos veces lo que implica que no entren en la clasificación de tiempo productivo.
- Las condiciones de seguridad afectan el desempeño de los trabajadores, debido a que los equipos de protección personal estaban en mal estado y no hay mucho control de parte de los ingenieros en seguridad laboral, lo que provoca preocupación en los trabajadores y estos trabajan con miedo y no realicen las labores eficientemente.
- En los procesos de armado de estructura de columnas y muros estructurales la falta de supervisión aumenta la posibilidad de errores y por ende que las labores se deban realizar dos o más veces lo que aumenta el costo de los procesos y disminuya el avance del proyecto.
- La fase de planeamiento en un proyecto de construcción es vital para que durante el desarrollo no se deba incurrir en errores y gastos de movilización de obras provisionales, tal y como ocurrió en TIC'S

cuando se tuvo que movilizar los baños y comedor por falta de organización.

- Los datos de rendimientos obtenidos pueden ser usados únicamente en edificaciones con características similares al de TIC'S, tanto en dimensión, altura y número de niveles.

Recomendaciones

- Se recomienda planificar el diseño de sitio, esto con el fin de no tener que realizar otros diseños de sitio durante la ejecución del proyecto y provoque que se tengan que movilizar instalaciones provisionales, así como también no implique gastos extras para la institución.
- Se debe exigir a las empresas ganadoras de licitaciones futuras más y mejores condiciones de seguridad dentro de los proyectos que se realicen dentro del Tecnológico de Costa Rica.
- Se recomienda a la Oficina de Ingeniería permitir a las empresas constructoras que laboren en proyectos con áreas grandes de construcción, colocar más bodegas y baños alrededor de las zonas de trabajo para disminuir los tiempos que se pierden acarreado y movilizándose.
- Utilizar la base de datos para corroborar los costos de mano de obra en los que incurre las empresas constructoras, cuando estas cobren alguna extra o crédito con el fin de verificar si el cobro realizado es cercano o no a la realidad.
- Se recomienda realizar más muestreos de trabajo que permitan obtener más datos de productividad con el fin de establecer un parámetro más cercano a la realidad en cuanto a condiciones laborales.
- Elaborar más investigaciones en la parte de productividad y rendimientos con el fin de obtener más datos de campo que ayuden a dar una mayor validez estadística a los datos ya extraídos en esta investigación, así como estandarizar la extracción de información de campo para que no hayan incongruencias durante el análisis.
- No incluir tareas ocasionales en la obtención de los rendimientos que no aportan lo necesario ni un gran avance al proceso, esto debido a que se realizan como un ciclo repetitivo.
- Cuando se desee establecer una relación entre la productividad y el rendimiento se debe definir previamente el criterio de comparación entre ambas, ya sea desde el punto de vista de costo, ya que implicaría que a mayor productividad menor rendimiento lo que involucra menos costo o bien desde el punto de vista de producir ya que si hay mayor productividad habrá un mayor rendimiento porque se produce más.

Apéndices

Apéndice 1. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 1.

Apéndice 2. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 2.

Apéndice 3. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 3.

Apéndice 4. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 4.

Apéndice 5. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 5.

Apéndice 6. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 6.

Apéndice 7. Muestreo de trabajo de la actividad de columnas y muros estructurales, proceso 7.

Apéndice 8. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 1.

Apéndice 9. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 2.

Apéndice 10. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 3.

Apéndice 11. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 4.

Apéndice 12. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 5.

Apéndice 13. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 6.

Apéndice 14. Muestreo de trabajo de la actividad de vigas de concreto, proceso 7.

Apéndice 15. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 1.

Apéndice 16. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 2.

Apéndice 17. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 3.

Apéndice 18. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 4.

Apéndice 19. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 5.

Apéndice 20. Muestreo de trabajo de la actividad de entrepiso, proceso 6.

Apéndice 21. Preguntas de la encuesta a ingenieros y maestros de obras

Apéndice 23. Respuestas de la encuesta a trabajadores

Apéndice 24. Respuestas de la encuesta a subcontratistas

Apéndice 25. Manual de usuario de la base de datos

Referencias

- Botero, F. (2007). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Universidad EAFIT.
- Calderón, F. (2012). *Capítulo 6, Desviación estándar*. Universidad Nacional del Callao.
- Distribución central (2012). *Principio de Pareto*. Distribución central.
- Facultad de ingeniería (1999) *Medición de productividad* Recuperado de <http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/productividad/info/4/4.htm>
- Hasbum, I. (2014). *Sistemas de control de inventarios*. Escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Tecnológico de Costa Rica.
- Ingeniería industrial online.com (2012) *Herramientas para un ingeniero industrial*. Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>
- Leandro, A.G. (2015). *Apuntes del curso diseño de procesos constructivos*. Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica.
- Morosini, E. (2012). *El concepto de varianza y su uso en la estimación estadística*. Universidad Nacional de Asunción.
- Quesada, R. (2009). *Estudio del trabajo notas de clase*. Colombia: Fondo editorial ITM.
- Salinas, H. (2010). *Estadística: conceptos básicos y definiciones*. Universidad de Atacama.
- Sandoval, M. (2013). *Apuntes del curso costos de construcción*. Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica.
- Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

