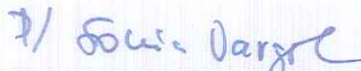


Análisis de rendimiento y productividad de formaleta cilíndrica prefabricada, utilizada en la construcción de columnas del Country Day School

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

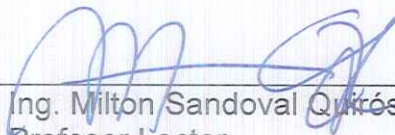
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Giannina Ortiz Quesada, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director



Ing. Giannina Ortiz Quesada.
Profesora Guía



Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Lector



Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.
Profesor Observador

Análisis de rendimiento y productividad de formaleta cilíndrica prefabricada, utilizada en la construcción de columnas del Country Day School



Abstract

This project consists in to determine the productivity and performance of the workforce in the process of shuttering columns with circular section, of the Country Day Project School, located in Hacienda Espinal, Alajuela.

The Work Sampling technique, which consist constantly observing the activity studied, was used to determine productivity in the process of formwork, determining what percentage of time is productive (PT), contributory (CT) or non-contributory (NCT), and according to the results the workers for this activity take in about 44% TP, 13% of TC and 43% TNC. The Crew Balance methodology was used for the stripping process, which determined an efficiency of 66% for this activity. Besides this, the yields of the 4 necessary sub-activities for making the columns were determined, which are fitting armor 0.023Hr-H / kg, setting the formwork and the accessories 1.49Hr-H / m², for the pouring of the column was determined that the yield was 4.42Hr-H / m³ and the stripping performance was established by 0.3Hr- H / m².

Since this study is focused in the workforce, brief interviews were made, in which the workers were questioned about the factors that as per their experience reduce the productivity and performance in their daily work.

Keywords: Productivity, Performance, Yield/performance, Work Sampling, Crew Balance, Manpower/workforce.

Resumen

El presente proyecto consiste en determinar la productividad y rendimientos de la mano de obra, en el proceso de encofrado de columnas con sección circular, del Proyecto Country Day School, ubicado en Hacienda Espinal, Alajuela.

Para determinar la productividad en el proceso de encofrado del Frente 4, se utilizó la técnica Work Sampling la cual consiste en la observación constante a la actividad estudiada, determinando qué porcentaje del tiempo es productivo (TP), contributivo (TC) o no contributivo (TNC), y según los resultados los obreros para dicha actividad abarcan cerca de un 44%TP, 13%TC y 43%TNC. La metodología Crew Balance, se empleó para el proceso de desencofrado dando una eficiencia del 66% para realizar dicha actividad, además se determinó los rendimientos para las 4 sub-actividades necesarias para la confección de las columnas, las cuales son: fijación de armadura 0.023Hr-H/Kg, colocación de formaleta y accesorios 1.49Hr-H/m², para el colado de la columna se determinó que el rendimiento es de 4.42Hr-H/m³ y en el desencofrado se estableció un rendimiento de 0.3Hr-H/m².

Al ser un estudio dirigido a la mano de obra, también se realizaron breves entrevistas en las que se le cuestiona al obrero sobre factores que a su criterio deterioran la productividad y rendimiento en sus labores.

Palabras Clave: Productividad, Rendimiento, Encofrado, Work Sampling, Crew Balance, Mano de Obra.

Análisis de rendimiento y productividad de formaleta cilíndrica prefabricada, utilizada en la construcción de columnas del Country Day School

FABIOLA ZAMORA PEREIRA

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

Agosto del 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.	1
Resumen Ejecutivo.....	2
Introducción.	3
Marco Teórico.....	4
Metodología.....	14
Resultados.....	19
Análisis de Resultados.	31
Conclusiones.	35
Recomendaciones.....	366
Apéndices.....	37
Anexos.....	61
Referencias.	65

Prefacio

Es evidente, la industria de la construcción es uno de los principales pilares para la economía de un país, siendo siempre afectada por la crisis económica extranjera, donde las grandes compañías constructoras serán impactadas por la disminución sustancial en la inversión de nueva infraestructura, lo cual afectara directamente al sector obrero constituido principalmente por la clase media y baja del país. En síntesis, la empresa de la construcción es una de las principales fuentes de trabajo para dichos sectores, por ello una de las principales actividades que deberían hacer las empresas constructoras es, optimizar los recursos y realizarle mejoras continuas a sus procesos, mediante la determinación de los rendimientos y productividad en las actividades principales y cíclicas que se realizan en sus proyectos.

La Compañía Constructora a la que se le realiza el estudio, es caracterizada por ofrecer servicios preconstructivos, trabajo directo, diseño y construcción de nuevas obras en tiempos relativamente cortos, y al ser el proceso de encofre una de las principales actividades, y la empresa al no tener registros de rendimientos y productividad en el encofrado de columnas con sección circular, se decide realizar un estudio que especifique los valores y factores perjudiciales, los cuales serán clave para reducir los costos de operación, tiempo de ejecución, y lo más importante optimizar los procedimientos mediante el análisis de los datos obtenidos; ya que al ser los costos uno de los principales rubros de la construcción, deben manejarse metodologías de estudio que al determinar la productividad descubran los trabajos improductivos en el procesos, y así ser una herramienta que ayude a

reducirlos, por lo cual se orienta a realizar un estudio detallado que identifique los trabajos contributivos y no contributivos, a las cuales se les pueda intervenir sin afectar la calidad, mejorando así la construcción en varios aspectos y logrando una mayor competitividad, ya que presentan la misma calidad del producto pero en menor tiempo.

Por ello la presente práctica tiene como objetivo principal, cuantificar los rendimientos y productividad de la formaleta cilíndrica prefabricada, utilizada en la construcción de columnas del Learning Resource Center (LRC) del Country Day School, donde el objetivo es proporcionar la eficiencia del trabajo y factores que la deterioran, además de que la metodología empleada sirva como parámetro para implementarla en futuros proyectos, y así ayudar a crear una base de datos más completa.

Además, agradecerle a la Ing. Giannina Ortiz, por la espera, confianza y aceptar ser mi profesora guía en este trabajo; de igual manera también extender mi agradecimiento a la Empresa Constructora Van Der Laat y Jiménez, por la oportunidad y apoyo brindado por todo su personal, especialmente al Ing. Rodrigo Van Der Laat, Ing. Federico Acón, Ing. Jorge Bolaños e Ing. Oscar Monge, además de los Señores Jorge Barquero, Daniel Sanabria y demás personal, los cuales me facilitaron la toma de datos y que de una u otra forma me ayudaron a realizar dicho proyecto, y para finalizar agradecer a Dios, al ITCR por ser la institución que me dio las herramientas para mi desarrollo profesional, y a mi Familia que siempre me ayudó e impulsó en obtener mi título como Ingeniera en Construcción.

Resumen Ejecutivo

El siguiente proyecto consiste en determinar la productividad y rendimiento de la mano de obra, ejecutada en los trabajos de encofre para columnas cilíndricas, del proyecto Country Day School, que al ser un proyecto que consta de 4 frentes de trabajo y más de 300 trabajadores, lo primero que se realizó fue escoger la población a la que se le haría el estudio, seleccionado el frente 4 a cargo del Sr. Jorge Barquero.

Para la obtención de resultados se aplicó la metodología del Work Sampling, para determinar la productividad de la mano de obra en el proceso de encofrado, Crew Balance para estimar la eficiencia de los trabajadores en el desencofrado, y se aplicaron pequeñas entrevistas para dar a conocer el punto de vista de los trabajadores, con respecto a las actividades realizadas y factores que perjudicaron las mismas, además se realizó la búsqueda de información teórica que sustente y apoye los siguientes datos.

Work Sampling (WS).

- Trabajo Productivo 44%
- Trabajo Contributivo 13%
- Trabajo no Contributivo 43%

Al ser uno de los objetivos determinar los factores que afectan la productividad, se comprobó que las actividades que con mayor frecuencia realizan los trabajadores son transporte y mediciones, representando un 60% del total de los Trabajos Contributivos mientras que para los Trabajos no Contributivos el ocio y la espera representan un 62% del total de las mediciones de productividad realizadas para el proceso de encofre en columnas con sección circular.

Crew Balance (CB).

- Eficiencia 66%

Con la ejecución del CB, se reconocen los posibles ciclos realizados por los trabajadores, lo cual permite hacer mejoras al proceso eliminado o agregando algún trabajador para hacer la labor más eficiente.

La toma de rendimientos se realizó tanto al encofrado como desencofrado de la formaleta, en donde las mediciones de WS y CB sirven como referencia de que las actividades se pueden realizar con mayor velocidad, si se eliminan los trabajos no contributivos y reducen los contributivos. Las 4 sub-actividades necesarias para confeccionar columnas son:

- Fijación de armadura 0.023Hr-H/Kg.
- Formaleta y accesorios 1.49Hr-H/m².
- Colado de la columna 4.42Hr-H/m³.
- Desencofrado 0.3Hr-H/m².

Pero al ser la mano de Obra el principal recurso y el más inconsistente, se determinan algunas recomendaciones a raíz de la observación constante y análisis de las entrevistas realizadas como es la implementación de un Programa para el Mejoramiento de la Productividad, en donde se apliquen las metodologías de dicho proyecto, pero a las actividades más representativas y que con mayor frecuencia realice la empresa, obteniendo un buen parámetro para determinar si los rendimientos presentes son óptimos o se pueden mejorar mediante acciones preventivas.

Introducción

El trabajo que a continuación se presenta, abarca la rama ingenieril basada en la administración de proyectos, la cual incentiva a los Ingenieros Constructores a optimizar e implementar técnicas de control, que permitan determinar los parámetros de rendimiento y productividad que alcanza la empresa; por ello se aplicaron las técnicas de Work Sampling y Crew Balance al proceso de encofrado y desencofrado en columnas con sección circular, ya que la compañía no disponía de datos para dicha actividad. Por ello, una de las metas es cuantificar la productividad del proceso, la cual es la transformación eficiente de recursos en algún producto específico, donde no es competitivo quien no cumpla con los estándares de calidad, innovación, tiempos, bajo costo, etc., y para salir adelante y ser reconocida como una de las principales constructoras del país, el único camino es aumentar su productividad, por ello utilizar métodos para medir los tiempos productivos en los procesos es una de las formas más eficientes para conseguir un triunfo empresarial, y que según Botero (2003) se debe implementar con la filosofía Lean Construction, la cual propone un mejoramiento continuo de los procesos constructivos, además de una optimización de recursos, costos y tiempo.

De aquí nace el presente trabajo y sus objetivos, dar la importancia del estudio de tiempos, y los trabajos realizados por la mano de obra, los cuales mediante estas técnicas se pueden optimizar y alcanzar valores óptimos.

Objetivo General:

- Cuantificar los rendimientos y productividad de la formaleta cilíndrica prefabricada, utilizada en la construcción de Columnas del Learning Resource Center (LRC) del Country Day School.

Objetivo Específicos:

- Obtener los rendimientos de la mano de obra en la colocación, para la formaleta empleada en la construcción de columnas cilíndricas del LRC.
- Cuantificar la productividad para la formaleta empleada en la construcción de columnas cilíndricas.
- Determinar los factores que afectan la productividad en la mano de obra en el proceso de encofrado en columnas cilíndricas.

Marco Teórico

Para una mejor comprensión se expone a continuación un marco de referencias, con el fin de tener un mayor entendimiento de los parámetros que sustentan este trabajo, permitiendo unificar conceptos entre autora y lectores.

Encofrado

Según Bernal. J (2005) el sistema de encofrado se define como el “conjunto de materiales que unidos generan una obra falsa y temporal, teniendo como función principal sostener y moldear la construcción de elementos en concreto, donde la duración del armado es una de las principales ventajas del encofrado prefabricado.”

El proyecto visitado realizó la confección de columnas circulares con formaleta metálica, facilitando el ensamblado al sólo estar conformado de dos paneles unidos por cuñas, facilitando el encofrado en comparación con el sistema tradicional, además de dar excelentes acabados; sin embargo su colocación presenta una baja eficiencia, por ello se decide aplicar los siguientes términos, factores y métodos para medir y mejorar la productividad, además de estimar los rendimientos presentes en el encofrado y desencofrado de columnas con sección circular.

Productividad

En 1950, la Organización para la Cooperación Económica Europea emitió una definición oficial: “La productividad es el cociente que se obtiene de dividir el monto de lo producido entre algunos factores de producción.”

En términos de resultados, puede definirse como el cociente entre lo producido y lo gastado para obtener el resultado deseado, lo cual se puede visualizar con mayor facilidad en la siguiente ecuación.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ Producida}{Recursos\ Gastados} \quad (Ec.1)$$

Fuente: Serpell, A. (2002).

En términos más explícitos, la productividad se define como una “medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell, A. 2002); y quizás lo más importante es comprender que la productividad está asociada al proceso de transformar los recursos con altos estándares de calidad, eficiencia y efectividad, en donde lo que siempre se busca es obtener mayores resultados, lo cual se puede lograr realizando algunas variables a la hora de ejecutar alguna labor, como lo son:

- Gastar los mismos recursos, pero aumentar la cantidad producida.
- Reducir los recursos gastados, y mantener la cantidad producida.
- Incrementar la cantidad producida, y disminuir los recursos gastados.

Tipos de Productividad

Según Serpell, A (1993), en el ambiente de la construcción los materiales, maquinaria y mano de obra, son recursos de suma importancia para originar un producto o servicio; y como la productividad está relacionada con procesos de transformación, da la posibilidad de subdividirla en tres tipos diferentes.



Figura 1. Tipos de Productividad

Por ello, dependiendo del recurso a estudiar la productividad dará diferentes resultados; por ejemplo, la productividad en las máquinas depende de las condiciones actuales y las características técnicas de la misma, pero en gran parte también depende del uso eficaz que le dé el operario, tratando de reducir al máximo los tiempos muertos, a diferencia de la productividad en los materiales, ya que este depende básicamente de la disposición del mismo, además de la calidad y el uso eficiente que le dé

el funcionario, sin embargo ambos presentan la similitud de que la mano de obra influye en su productividad, siendo el factor más crítico y deseado a estudiar.

La productividad al ser sinónimo de rendimiento en término de empleados, y definida como el tiempo necesario expresado en horas-hombre, que un obrero emplea para realizar una unidad de trabajo determinado, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$R = \left(\frac{T*n}{C} \right) \quad (\text{Ec.2})$$

Fuente: *Costos de Construcción (2009)*

Donde:

R = Rendimiento en Horas-Hombre/Unidad.

T = Tiempo de duración de la Actividad.

n = Número de obreros que participa en dicha actividad.

C = Cantidad de Trabajo realizado.

Productividad en la Mano de Obra

En el ámbito de la construcción el recurso más importante es el de la mano de obra, ya que sin él no se podrían transformar los demás recursos y por ende no habría productividad. Sin embargo, al ser uno de los más importantes también presenta un factor crítico, pues existe el componente del comportamiento humano, el cual es muy variable e impredecible dependiendo de la formación del individuo.

Para lograr un proyecto exitoso es de vital importancia que existan estos tres recursos (Ver Figura 1) , pero siempre es necesario que el factor humano este en óptimas condiciones, y no sólo señalando aspectos físicos sino que también emocionales, conocimiento técnico y lo más importante el deseo de realizar un buen trabajo, lo cual se obtiene mediante la motivación y satisfacción del personal, ya que dependiendo de estos aspectos, la eficiencia en la productividad

puede variar entre los límites de 0% a 100%, como lo muestra la Figura 2 de acuerdo a la propuesta, de John S. Page en su libro “Estimator’s general construction man-hour manual”, imagen adaptada por Botero, L. (2002).

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% -100%

Figura 2. Clasificación de la Eficiencia en la Productividad de la Mano de Obra.

Fuente. Botero, L. (2002)

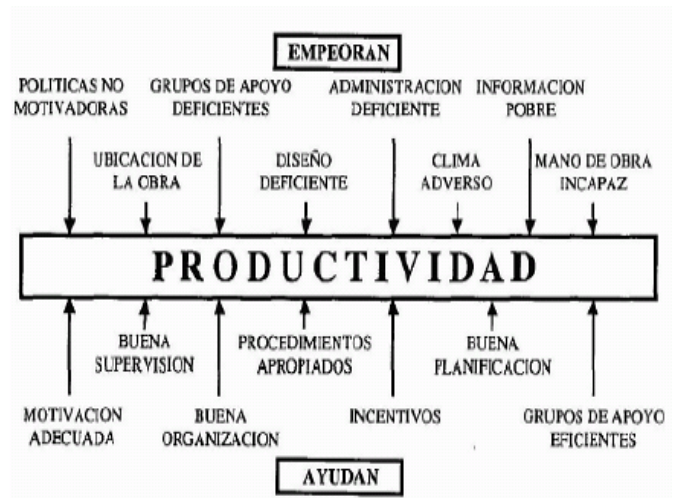


Figura 3. Factores que intervienen en la Productividad. Fuente: Serpell, A (2002)

Factores en la Productividad

Como se ha mencionado anteriormente la productividad está asociada fielmente al recurso humano, la cual se torna muy variable al ir avanzando el proyecto, y en la medida de lo posible deberán incentivarse o evitarse ciertas situaciones, como se observan en las figura3.

Al ser muchas las variables que se deben controlar, se insta prestar mayor atención a las que repercuten negativamente, ya que lo hacen directamente en la mano de obra y por ende en el desarrollo del proyecto; sin embargo muchas de estas situaciones son detectadas y no se ejecutan contra ellas acciones correctivas, ya que se desconoce el impacto o la manera de cuantificarlo, sin darse cuenta que la forma más eficiente es realizar mediciones constantes en campo, las cuales arrojaran resultados que sirven para identificarlas y disminuirlas, elevando los estándares de calidad y competitividad de la empresa.

Factores que Incrementan la Productividad

El incrementar la productividad siempre será un aspecto que las empresas buscan alcanzar, debido a que en la mayoría de los proyectos el recurso humano es poco eficiente y destina cerca de un 40% a trabajos no contributivos (Serpell, A. 2002), lo que demuestra la necesidad de identificar cuál de los siguientes factores principales está siendo afectado:

- Motivación de los obreros.
- Falta de capacitación.
- Desinterés por parte de la administración.

Según el Programa de Mejoramiento de la Productividad (PMP, 1988) se puede incrementar la productividad al implementar actividades como:

Actividades Motivacionales: Una de las herramientas para aumentar la motivación es la implementación de programas de integración, bonificaciones o Trabajos por subcontrato.

Cuadro 1. Herramientas motivacionales

Herramienta	Definición
Programa de Integración.	Sesiones en la que se le explica al trabajador el objetivo de un Programa para el Mejoramiento en la Producción y su papel dentro de este.
Bonificaciones.	Sistema de premiación relacionado con la calidad de la mano de obra, los rendimientos y la Seguridad Laboral.
Trabajos por Subcontrato.	El trabajador aún dentro de la planilla de trabajo, conforma su cuadrilla personalizada y recibe un subcontrato en las actividades que son eficientes. Obteniendo ganancias si realiza más del trabajo reportado por la cuadrilla.

Fuente: Adaptado de *Revista de Ingeniería en Construcción*, 1988.

Actividades de Capacitación: Siempre necesarias y que pueden ser aplicadas tanto a obreros como personal administrativo.

Cuadro 2. Actividades de Capacitación.

Herramienta	Definición
Capacitación de la Supervisión.	Supervisión en todos los niveles, ya sea planificación, organización o control de trabajo.
Capacitación de los Obreros.	Capacitación de los obreros en las siguientes áreas: - Procedimientos - Técnicas de Trabajo - Salud Ocupacional

Fuente: *Revista de Ingeniería en Construcción*, 1988.

Mejoramiento de Métodos de Trabajo: Comprende tanto a los Maestros de Obra como Ingenieros Residentes, en donde realizarán un estudio de los métodos empleados para llevar a cabo actividades que presenten alguna dificultad.

Cuadro 3. Herramientas para mejorar los métodos de trabajo

Herramienta	Definición
Estudio de los Métodos.	Estudio de las metodologías de trabajo, utilizando las siguientes técnicas. - Carta de balance de la cuadrilla. - Diagrama de flujos. - Muestreo de trabajo a nivel de cuadrillas.
Tecnología de la Construcción.	Establecer metodologías y procedimientos que estimulen el desarrollo de técnicas de trabajos innovadoras.
Constructibilidad	Consiste en la integración óptima del conocimiento de construcción con el diseño, planificación y selección de métodos de trabajo.

Fuente: *Revista de Ingeniería en Construcción*, 1988.

Reducción de Esperas: La planificación es la clave para reducir los tiempos de espera, además se debe mejorar el aprovisionamiento y realizar una distribución adecuada de recursos.

Cuadro 4. Herramientas para reducir la espera

Herramienta	Definición
Planificación a nivel de cuadrilla.	Capacitar y estimular al maestro de obras, para que realice una adecuada planificación de las cuadrillas.
Aprovisionamiento y distribución de Recursos.	Desarrollar las actividades ordenadamente, para que las cuadrillas cuenten con los recursos cuando los necesiten.

Fuente: *Revista de Ingeniería en Construcción*, 1988.

Evaluación y Retroalimentación: Es una de las actividades que sirven para futuros proyectos, en donde las herramientas más eficaces serían las fotografías a intervalos de tiempos, o videos de alguna actividad en especial, además de cuestionarios realizados a los trabajadores.

Cuadro 5. Herramientas para mejorar la evaluación y retroalimentación.

Herramienta	Definición
Encuestas a obreros y maestros de Obra.	Indagar sobre el aproximado de horas perdidas durante la jornada laboral, además de identificar los elementos desmotivadores que restringen la productividad.
Fotografías o videos a intervalos de tiempo.	Tener un registro de cómo se realizan las actividades, para lograr identificar cuales presentan mayores dificultades para ejecutarse.

Fuente: Adaptado de Revista de Ingeniería en Construcción, 1988.

Compromiso Administrativo: Abarca principalmente la parte administrativa del proyecto, integrada por los Ingenieros y Maestros de Obras, en donde se realizaran reuniones periódicas en busca de mejorar la productividad total del proyecto o alguna actividad en especial.

Cuadro 6. Herramientas para lograr el compromiso gerencial

Herramienta	Definición
Reuniones	Las reuniones informativas semanales, son vitales para mantener una buena comunicación.
Publicaciones	La exposición de gráficos que proporcione una visualización actualizada del avance del proyecto.

Fuente: Revista de Ingeniería en Construcción, 1988.

Factores que reducen la Productividad

Durante la ejecución de una obra, empiezan a sobresalir ciertos factores que reducen la productividad, generando pérdidas en el proyecto las cuales se definen como “aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra”. (Alarcón, 1994).

Entonces se consideran perdidas todas aquellas actividades que consumen espacio, recursos y tiempo sin agregan valor pero sí costos asociados a su producción.

Según Paniagua (2006) estos factores suelen dividirse en dos grupos importantes, internos y externos, como se muestran a continuación.

Factores Internos

- **Problemas en Recurso Humano:** Es el factor de mayor importancia en la construcción, ya que tiene a su disposición los demás recursos, por ello es el encargado de elevar la productividad y velar por el cumplimiento eficaz de los objetivos. Sin embargo al ser el más importante, suele verse afectado por problemas como capacitaciones deficientes y problemas en la seguridad laboral.
- **Problemas de Seguridad Laboral:** Es de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en empresas pequeñas, ya que no le prestan la debida atención y por ello no contratan personal calificado que se encargue de verificar en obra que las condiciones sean óptimas y que existe el mínimo riesgo de accidentes. Perjudicando de forma indirecta la producción, ya que una elevada tasa de accidentes genera un ambiente inseguro, en donde los trabajadores disminuyen

considerablemente su productividad por temor a algún incidente.

- **Métodos Inadecuados de Trabajo:** Este problema hace énfasis a la inadecuada adaptación de experiencias en proyectos anteriores, ya que se asume de forma incorrecta que ciertas tareas son iguales, y no se distinguen las diferencias en cuanto a procedimiento y dificultades que se presentan al realizar esta nueva actividad, asignando inadecuadamente las cuadrillas de trabajo o utilizando ineficientemente la maquinaria.
- **Dirección y Control:** Este factor corresponde principalmente a la administración del proyecto, ya que es llevada a cabo por personal no calificado o con poca experiencia y sin supervisión, y que por ello y en el peor de los casos suelen aplicar agentes correctivos en lugar de preventivos, generando atrasos en el proyecto y disminuyendo así la productividad, por la gran cantidad de tiempos muertos que esto genera.
- **Sistemas de Control Inapropiados:** En todo proyecto es normal realizar un control del presupuesto, en donde lo que se busca es encontrar las discrepancias que pueden existir entre el presupuesto teórico al real, un error común es que no se realiza un presupuesto detallado, lo cual hace imposible identificar el rubro que disminuye la productividad en obra, por ello es arduo mejorarla en futuros proyectos, ya que no existen registros detallados y certeros, o en ocasiones se altera la información para ocultar una falla.

Factores Externos

- **Disponibilidad de Materiales o Maquinaria:** Es uno de los agentes que suele afectar considerablemente la producción, ya que al haber escases por un mal cálculo o grandes desperdicios,

inmediatamente se generan costos asociados los cuales pueden castigar fuertemente la productividad; por ejemplo, la cerámica colocada en la sección principal del edificio no alcanzó debido a que hubo gran cantidad de desperdicios, pero en el plantel de la empresa no hay extras, y lo más crítico del caso es que estas piezas fueron exportadas desde Panamá, y para terminar el edificio se debe hacer un pedido extra, que además de los gastos por transporte y compra también ocasiona una baja considerable en la productividad, ya que genera un gran gasto por lo poco por producir que hace falta, castigándola fuertemente.

- **Condiciones Climáticas:** Es uno de los factores más impredecibles e inestables a la hora de realizar una construcción, ya que no existe certeza alguna de que las condiciones climáticas sean estables conforme avancen las horas, además de que los extremos siempre afectan la productividad.
- **Ubicación Geográfica:** Dependiendo la zona donde se realice el proyecto, puede que no haya personal capacitado y dispuesto a adaptarse a las condiciones de trabajo que maneja la empresa; por ejemplo, el proyecto visitado al estar ubicado en una zona muy alejada e incómoda para trasladarse todos los días, y al ser difícil la contratación de trabajadores lugareños, la empresa tuvo que conseguir una empresa autobusera que brindara el servicio desde la capital hasta el proyecto, para poder cumplir la meta de entregarlo con los estándares de calidad a los cuales se está acostumbrado.
- **Infraestructura Existente:** Este aspecto depende mucho si los trabajos por realizar serán una remodelación o una obra nueva en su totalidad, o como es el caso del proyecto visitado, al implementar la metodología Leadership in Energy & Environmental Design (LEED), la cual lo que busca es la armonía con la naturaleza y una construcción sostenible, en este caso por presentarse árboles en

la propiedad deben conservarse, y por ello en parte adoptar el diseño a ellos, lo cual hace que la empresa tenga que reestructurar su diseño de sitio y destinar horas-hombre en el mantenimiento de la zona.

Mejoramiento de la Productividad

Al proponer un programa para el mejoramiento de la productividad, se deben analizar minuciosamente los factores expuestos anteriormente, con el fin de poder crear estrategias que proporcionen buenos resultados, otorgando así ventajas a la empresa que las ejecute, además de obtener una noción clara de cuál es la situación real de la empresa, y por lo tanto poder enfocarse y atender las áreas que lo necesiten, brindando objetivos concisos y puntuales que logren mejorar los procesos constructivos.

Programa para el Mejoramiento de la Productividad (PMP)

Muñoz (2004) expone en términos generales, que un programa o plan de mejoramiento en la productividad debe contemplar.

- **Desarrollar mediciones de la productividad:** Estas mediciones deben ser desarrolladas por los Ingenieros o asistentes, cubriendo el proyecto adecuadamente.
- **Establecer objetivos para el mejoramiento de la productividad en términos de las mediciones establecidas:** Estos objetivos de productividad deben ser realistas y depender del tiempo.

- **Desarrollar planes para alcanzar metas:** El Ingeniero debe decidir exactamente cómo se deben alcanzar los objetivos.
- **Poner en marcha el plan:** Esto normalmente será llevado a cabo por medio de un equipo de trabajo, el cual lo dirige el Ingeniero a cargo del proyecto. La puesta en marcha es, por supuesto, mucho más fácil si el Ingeniero residente ha formulado el plan desde el inicio.
- **Medir los resultados:** Este paso requiere la obtención de datos y la evaluación periódica del progreso y alcance de los objetivos. Si los resultados son acordes con estos, no se requiere acción adicional y, si no, se requerirá una acción correctiva.

Estrategia para Implementar el PMP

Para llevar a cabo el plan expuesto anteriormente, primero se debe elaborar una estrategia que consiga responder a la pregunta ¿Cómo lo voy a hacer?, la cual recaude los datos necesarios, además de ser una guía y a la vez la herramienta que logre desarrollar el plan para obtener el objetivo final, que es aumentar la productividad.

Según Arboleda (2014), y adaptado de Khan, M. (1993) algunas estrategias para el mejoramiento de la productividad son las siguientes.

- Asesoramiento práctico (ayudar en el “cómo hacer” en el lugar de imponer el “usted debe”).
- Identificar y aplicar soluciones de bajo costo.
- Desarrollar soluciones orientadas a mejorar las condiciones de trabajo.

- Poner énfasis en la obtención de resultados concretos.
- Usar como técnica el aprendizaje a través de la práctica.
- Alentar el intercambio de experiencias.
- Promover la participación de los trabajadores.
- Usar eficientemente la maquinaria.
- Mejorar las condiciones y el medio en el que se desarrolla el trabajo.

Ventajas por desarrollar un PMP

Al aplicar correctamente el Programa de Mejoramiento en la Productividad, la empresa se garantiza una confiable obtención de resultados, los cuales al incrementar la productividad, también aumentan las ganancias gracias a las ventajas obtenidas y que según Arboleda (2014), adaptado de Khan, M. (1993) son las siguientes.

- Mayor competitividad.
- Satisfacción del cliente.
- Confianza de clientes y proveedores.
- Permanencia en el mercado a mediano y largo plazo.
- Disminución y cumplimiento de los plazos de entrega.
- Disminución de costos.
- Uso eficiente de los recursos naturales y de la fuerza laboral, logrando con esto la reducción de desperdicios.
- Eliminación de desplazamientos innecesarios de materiales y trabajadores.
- La reducción de los tiempos muertos de máquinas.

- Ahorro de energía.
- Disminución de la rotación de personal.

Trabajo que Realiza la Mano de Obra

El trabajo es uno de los principales factores de la productividad, la cual es una obra hecha o por hacer, producto de la intensidad de una fuerza realizada por los participantes del proyecto para convertir los recursos en obras finales de valor.

Existen tres tipos de trabajos, los cuales se distinguen dependiendo de la distribución del tiempo para realizar una actividad, en donde Cantú y otros (2009) basados en Serpell, A. (2002) los clasifica como:

- **Trabajo Productivo (TP):** Aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción, incluyendo actividades tales como la colocación y acomodo de la formaleta, acomodar estructura de soporte para verter concreto, etc.
- **Trabajo Contributivo (TC):** Aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría: recibir o dar instrucciones, leer planos, ordenar o limpiar, etc.
- **Trabajo No Contributivo (TNC):** Cualquier actividad que no genere avance o valor agregado a la obra, por ejemplo: caminar con las manos vacías, esperar que otro obrero termine su trabajo, hablar de cuestiones no laborales, rehacer trabajos, etc.

Sería una utopía concebir un 100% en TP, ya que todo trabajo productivo está asociado

a labores que no generan valor real a la obra, porque sin ellas sería imposible realizarlas, es por ello que Serpell, A. (2002) expone en promedios generales los valores ideales para las categorías de trabajo.

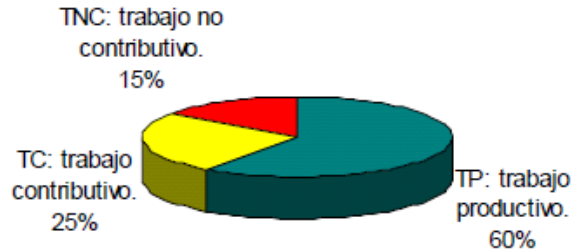


Figura 4. Valores meta según la categoría de Trabajo. Fuente: Serpell, A. 2002

Sin embargo un estudio realizado en el 2004 por Construction Industrys y el Lean Construction Institute, indica que “hasta un 57% del tiempo no añade valor al producto final, mientras que en otras industrias la cifra es sólo del 26%” (Pons, 2014), siendo un punto clave y oportuno para implementar un nuevo modelo productivo, el cual intenta remplazar el modelo tradicional, e implantar la idea de Toyota Motors Company desarrollada en 1950, cinco años después de la Segunda Guerra Mundial donde lo que buscaba era reducir las pérdidas y maximizar la productividad, esta técnica japonesa fue llamada Lean Production o Producción Ajustada, la cual en 1992 Lauri Koskele escribió el documento “Aplicación de la nueva filosofía de la producción aplicado a la construcción”, en él se establecen los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción dirigido a la construcción, y que en 1993 sería llamado Lean Construction.

Lean Construction

Lean Construction constituye una nueva filosofía orientada hacia la administración y mejoramiento de la productividad en la construcción, cuyo

objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (Yepes, 2013).

La filosofía Lean está compuesto por dos pilares: Just-in-Time (JIT) y el Jidoka; la cual se sustenta y perfecciona a través del Kaizen o Mejora continua, además utiliza otras herramientas como 5s, Outsourcing (Subcontratos) y Benchmarking.

Just-In-Time (JIT)

La filosofía JIT busca controlar la sobreproducción al optimizar los sistemas de producción, desarrollando la idea de sólo producir elementos necesarios, en las cantidades óptimas y en el momento que se necesiten, con altos estándares de calidad y con la mínima cantidad de desperdicios posibles, esto según Kiichiro Toyoda desarrollando a inicios de los años 50, para la empresa Toyota Motors.

Jidoka

Filosofía en la cual se incentiva a los trabajadores a buscar soluciones a problemas simples, presentes a la hora de realizar alguna labor que genere productividad, que según Pons (2014) se incentiva un ciclo de mejora continua en los procesos, lo cual busca implementar el cambio, medir los resultados y realizar acciones correctivas para que el proceso se repita con mayor eficiencia en futuras obras.

Medición de la Productividad

La opción más favorable para las empresas a la hora de realizar mediciones, es hacerlas de manera cuantitativas, ya que dependiendo los rangos de valores obtenidos (ver figura 2), se

tomará la decisión de seguir con el mismo proceso productivo o implementar el Plan de Mejoramiento en la Producción, como el expuesto anteriormente.

Algunos métodos cuantitativos para medir la productividad en los procesos de construcción son:

Work Sampling

El Work Sampling o Muestreo del Trabajo es una técnica utilizada para determinar las proporciones de los diferentes tipos de trabajos (TP, TC, TNC) que genera la mano de obra para realizar las actividades asignadas, determinando el porcentaje de tiempo productivo, donde lo principal no es trabajar más, sino hacerlo de una forma inteligente (Leandro, A. 2013).

El Work Sampling fue creado en 1934 por el estadístico L.H.C Tippett, el cual la estableció como un método probabilístico, donde la toma de datos se hace de forma aleatoria, y la cantidad de observaciones depende de la confiabilidad y precisión que desee alcanzar la investigación, y de acuerdo a las leyes fundamentales de la probabilidad se diseñó la siguiente fórmula para determinar el número de observaciones necesarias para aplicar dicha técnica.

$$N = \frac{Z^2 p(1-p)}{E^2} \quad (\text{Ec. 3})$$

Fuente: Salas, J. (s.f)

Donde:

N= Número de observaciones.

Z= Desviación Normal, dependiendo del nivel de confianza deseado (Z=1.96, para un 95% de confianza.)

P = Porcentaje del Tiempo en el que se realizan actividades productivas.

E = Porcentaje del error de muestreo.

Para determinar el valor de P, se deben tener valores estadísticos de mediciones anteriores o realizar una prueba piloto, para determinar los porcentajes de trabajo productivo y no productivo en dicha actividad, en este caso no se contaba con los valores y tampoco se realizó dicha prueba, ya que según Leandro, A. (2013) en el ámbito de la construcción se necesitan 384 observaciones, para presentar datos con niveles de confianza al 95%.

Crew Balance

Según Serpell y Verbal (1990), esta técnica tiene como objetivo analizar la eficiencia de cada trabajador en busca de oportunidades de mejora, mediante un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (hombres, máquinas, etc) que participan en la actividad.

La barra vertical se subdivide en secuencias de ejecución para cada actividad, las cuales se clasifican en tiempo productivo, contributivo y no contributivo, y estas a la vez en sus respectivas sub-actividades, incluyendo todos los lapsos en los que participe cada recurso, dando la posibilidad de observar y comparar la relación y orden que siguen los trabajos en determinado momento, facilitando mejoras en la eficiencia mediante una reorganización de los procesos, o modificación del grupo que conforma la cuadrilla, al descubrir patrones que incidan en los ciclos de trabajo.

Según Esquivel (s.f), al momento de realizar los muestreos, se recomienda descomponer las actividades en tareas simples, con el fin de facilitar la tabulación, ya que el proceso de observación se realiza en ciclos de 1 minuto, en donde se debe cubrir el total de la cuadrilla y clasificar las observaciones según el tipo de trabajo (TP, TC, TNC).

Según Barrientos (2007), esta técnica es la más recomendada para estructurar las relaciones entre los recursos constituyentes de las cuadrillas, y especialmente para la mano de obra.

Metodología

El proyecto cuenta con 33 034m² y cuatro frentes de trabajo, por lo tanto primero se decidió elegir la zona donde se haría la toma de datos. El Learning Resource Center (LRC) perteneciente al Frente 4, fue elegido para realizar el estudio, ya que según la programación era el primer edificio en iniciar la construcción de las columnas con sección circular.

Seguidamente como parte del proyecto se investigó y recopiló la información necesaria sobre productividad, factores que la afectan, plan de mejoramiento, métodos de medición de la mano de obra, Lean Construction, etc.

Para realizar el trabajo se decidió optar por una metodología tanto cuantitativa como cualitativa, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Hablar con el Maestro de Obras encargado, para que en la medida de lo posible siempre utilizara las mismas cuadrillas, sin tanta variación en cuanto a sus integrantes.

- Siempre hacer la toma de datos desde el mismo punto de observación.
- Estar atenta del plan de trabajo, para conocer qué días habría encofrado de columnas de sección circular del frente observado.
- Dedicación exclusiva en la labor de observación del proceso de interés.
- Realizar un recorrido y cronometrar los posibles traslados que haría el personal de trabajo generando trabajos contributivos y no contributivos.

Para la toma de datos se decidió enumerar las columnas con sección circular a las cuales se les realizó el estudio, presentes en la siguiente figura, la cual es un acercamiento del plano completo que se presenta en el anexo N°1.

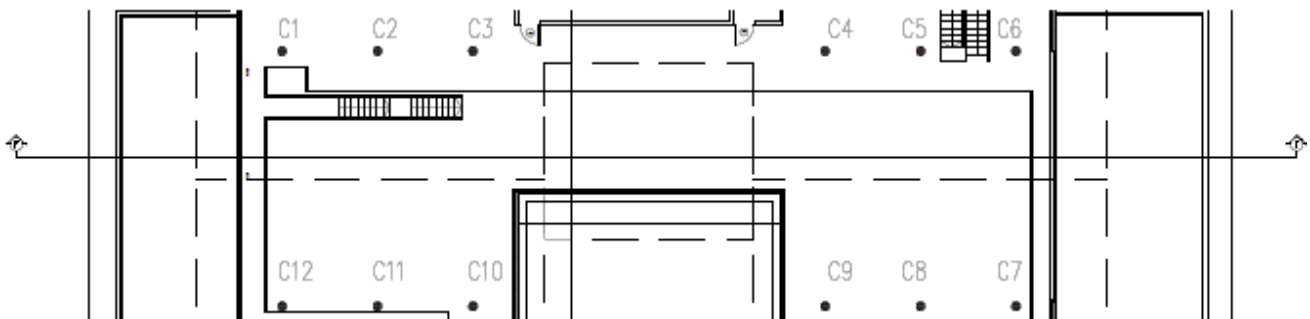


Figura 5. Numeración de Columnas con sección circular, para el Edificio LRC
Fuente: AutoCAD, 2013

Muestreo de Trabajo

Para realizar dicho Muestreo de Trabajo, primero se debe contar con los porcentajes de Trabajo Productivo (TP) y No Productivo (TNP) para el encofrado de columnas con sección circular, al ser este el primer estudio para columnas de este tipo realizado por la empresa, se asume teóricamente valores de 50% y 50% respectivamente, ya que según Cantú y otros (2009) por razones estadísticas se recomiendan estos valores, y al aplicar la ecuación 3 se obtiene que al menos se deben realizar 384 observaciones, tal y como lo estipuló Leandro, A. (2013) obteniendo una confiabilidad del 95% y un error no mayor de +/- 5%.

Al tener el conocimiento de cuantas observaciones como mínimo se deben realizar, y al saber que el edificio LRC presenta 12 unidades de columnas con sección circular, se decide realizarle el estudio a las primeras 5 unidades, levantadas en sitio en la semana 3 y 4 del mes de Octubre, donde se realizaron las 3 primeras tomas en la semana 3 y las restantes 2 en la semana próxima, dando un total de 996 observaciones para tener un margen de error menor al 5% inicial.

Para ejecutar la metodología de Muestreo de Trabajo, primero y sin previo aviso se escoge la cuadrilla a realizarle la medición, posteriormente a lo largo del proceso de construcción, se observan los tiempos productivos de cada trabajador, así como el tiempo utilizado para realizar trabajos no contributivos y contributivos, para efectos de la práctica estos dos últimos trabajos se clasifican en las categorías expuestas en la cuadro 7, dando los resultados de manera porcentual.

A continuación se especifican las categorías asignadas a los TP, TC y TNC.

Cuadro 7. Categorías de los Tipos de Trabajos.

TP	TC	TNC
Fijación de Armadura	Limpieza (L)	Espera (E)
Colocar Formaleta y Accesorios	Transporte (T)	Ocio (O)
Aplomar, Tensar, Apuntalar	Instrucciones (I)	Necesidad Fisiológica (NF)
Chorrear Vibrar	Mediciones (M)	Rehacer (RH)
Desencofrado y Remoción de Accesorios	Otras (OT)	Viajes (V)

Fuente: *Elaboración Propia.*

Se hace la distinción de Transportes y Viajes, donde el primer término hace referencia al transporte de formaleta, cuñas, helados (separador estándar de la formaleta con la armadura), desmoldantes, etc., y la expresión de Viajes, se refiere al traslado innecesario con las manos vacías, donde no se contribuya a la productividad.

Además la categoría Otros, en la sección de Trabajos Contributivos, se refiere básicamente a todas las acciones contributivas que no son constantes y representan porcentajes bajos, por ende se decidió agruparlas en un ítem mixto, que va a estar conformado por actividades como:

- Sostener la armadura de la columna circular por parte del operario, con el objetivo de facilitar la Fijación de la misma, a la armadura de la placa aislada.
- Cortar piezas de madera para apoyar el encofrado del elemento estructural.
- Sostener o pasar las herramientas a quien realice el Trabajo Productivo.

Para realizar la toma de datos en obra se construyó siguiente plantilla.

Cuadro 8. Plantilla para el registro y clasificación del Trabajo

Muestreo de Trabajo

Actividad:

Día:

Fecha:

Nº de Obs.	Tamaño Cuadrilla	TP	TC	TN C	TC					TNC							
					L	T	I	M	O	E	OO	NF	RH	V			
1																	
...																	
n																	
n+1																	

Total

Porcentajes

Fuente: *Elaboración Propia.*

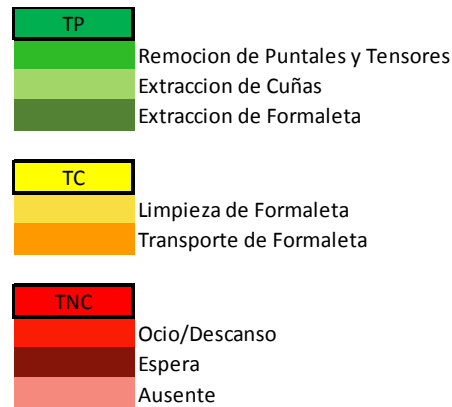


Figura 6. Escala de Colores para figuras de CB
Fuente: *Elaboración Propia.*

Crew Balance (CB)

El Crew Balance o Carta de Balance, se empleó en el proceso de desencofrado a cuatro columnas, siendo el método adecuado, ya que aparte de graficar las actividades también permite determinar la eficiencia de la cuadrilla; además luego de procesar y discutir la información, se determina la mejora necesaria y se describe en una carta de balance ideal, inyectando así una mejora continua en el procedimiento.

La primera toma de datos se realizó la semana 3 del mes de Octubre a las columnas 1 y 3, en la semana 4 del mismo mes se le aplicó la técnica a la columna 5, y en la primer semana del mes de Noviembre a la columna 8 (Ver figura5).

Para implementar esta metodología, primero se debía estimar que procesos se identificarían como Productivos, Contributivo y No Contributivo, como método de identificación se diseñó una tableta de colores, donde el verde y sus derivados fueran TP, el amarillo y derivados TC, y el rojo y derivados TNC, como se presentan en la siguiente figura.

Luego sin previo aviso, se elige la cuadrilla que realice el trabajo; al ser un proceso que se ejecuta en un corto periodo de tiempo, se decidió hacer intervalos de medición cada minuto, donde los primeros 30 segundos se realiza la observación a los trabajadores y se clasifica en TP, TC y TNC, y los 30 segundos restantes se asume la misma tendencia del trabajador.

Luego se realiza la ecuación 4 para determinar la eficiencia de la cuadrilla, obteniendo el promedio de los datos para determinar la eficiencia de la actividad.

$$Eficiencia = \frac{Trabajo\ Productivo}{Total\ de\ Mediciones} \quad (Ec. 4)$$

Fuente: *Mohammad Y. y otros (2007).*

El cuadro diseñado para tabular la información, es el siguiente.

Cuadro 9. Plantilla para el registro del CB.

Crew Balance

Actividad:

Día:

Fecha:

Minutos	TR1	TR2	TR3
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Suma 0 0 0

Total de Observ.= 18

Observ. Efectivas= 0

Fuente: *Elaboración Propia.*

Rendimientos

Para realizar la toma de rendimientos se escogieron las columnas 1, 3, 5 y 8 (Ver figura 5), ya que el tiempo de confección no se traslapó, haciendo que la visualización de los procesos sea más exacta, ya que sólo se disponía de un cronómetro digital, y hojas diseñadas para la tabulación de datos.

Al ser un proceso lineal, se decide subdividirlo por actividades principales y de fácil medición, las cuales fueron:

1. Fijación de la armadura en la placa aislada.
2. Colocación de la formaleta y accesorios.
3. Colado de Columna.
4. Extracción de formaleta y accesorios.

La metodología empleada para el cálculo del rendimiento, se tomó del folleto *Costos de Construcción*¹, del cual se acogió tomar el tiempo que tarda cada cuadrilla en realizar la actividad, luego calcular los rendimientos con forma a la ecuación 2, aplicándola al tiempo medido y cantidad ejecutada por cada cuadrilla, entonces si eran tres cuadrillas realizando una actividad, al final de este proceso se tendrán 3 Rendimientos (R_1, R_2, R_3).

Pero al ser distintas actividades, sus unidades de rendimiento también varían, entonces para cada actividad se decide asignarle las siguientes unidades de medición.

1. Hr-H / Kg colocados.
2. Hr-H / m² de formaleta.
3. Hr-H / m³ de concreto.
4. Hr-H / m² de formaleta.

Nota: Para estimar los kilogramos colocados se realizó un pequeño cálculo el cual consistía en medir los metros lineales de varilla de la armadura y convertirlos a kg, para cuantificar los m² de formaleta se sacó el perímetro y luego se multiplicó por el largo de la columna, y para los m³ de concreto se estimó el área y se múltiplo por el largo de la columna, obteniendo así los valores utilizados para estimar los rendimientos.

Luego se realiza un proceso estadístico, el cual consiste en eliminan los valores alejados de la media aritmética del rendimiento, el cual se calcula con la siguiente ecuación.

$$\bar{R} = \left(\frac{R_1+R_2+R_3}{n} \right) \quad (\text{Ec.5})$$

En este caso n sería igual a tres, luego se calcula la desviación estándar, según la siguiente ecuación.

¹ "Costos de Construcción", elaborado en la Escuela de Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por la Ing. Giannina Ortiz Quesada, M.Sc., Ing. Eduardo Paniagua Madrigal, M.Sc, Ing. Milton Sandoval Quirós, MBA. Cartago, 2009

$$\sigma = \sqrt{\frac{((R1-\bar{R})^2 + (R2-\bar{R})^2 + (R3-\bar{R})^2)}{n}} \quad (\text{Ec.6})$$

Y por último se obtiene el coeficiente de variación.

$$C.V = \frac{\sigma}{R} \quad (\text{Ec.7})$$

Según el folleto¹ en el inciso e) se indica la aplicación de un factor que incrementa el rendimiento obtenido de la ecuación 5, ya que el cálculo de rendimientos es neto, entonces se deben incluir los procesos (t.c) que al momento de realizar la medición no se tomaron en cuenta, por ello se realiza la corrección con el factor de incremento.

$$f.i = \frac{t.c * 100}{h.d - t.c} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

f.i= Factor de Incremento

t.c= Tiempo consumido en otras actividades

h.d= Horas diarias de Trabajo Total

El t.c lo constituye.

Solicitud de Material 0.17hr

Transporte de Material 0.25hr

Dando un total de 0.42hr, y desarrollando la ecuación 8, se obtiene.

$$f.i = \frac{0.42Hr * 100}{10Hr - 0.42Hr}$$

$$f.i = 4.38\%$$

Entonces al aplicar el factor de incrementos la ecuación 5 se convierte en.

$$R = R (1 + f.i) \quad (\text{Ec.9})$$

Observaciones y Entrevista

Para determinar los factores que afectan la productividad y rendimientos de la mano de obra en los procesos de encofrado en columnas cilíndricas, se decidió realizar observaciones cualitativas al personal, las cuales se transformaron en breves apuntes de situaciones específicas, que se observaron a lo largo del proyecto y que en algunos casos eran repetitivos, lo cual sólo se podría apreciar por la aplicación de una observación constante y rigurosa, además de desarrollar un ojo clínico que permitía apreciar fácilmente los patrones de comportamiento del trabajador, las cuales sirvieron como base para realizar las preguntas de la encuesta, que se le realizó a 10 trabajadores, de los cuales ocho estuvieron encargados de realizar los procesos de confección de estas columnas, y los dos restantes eran trabajadores del mismo frente de trabajo pero encargados de realizar otras actividades, esto para tener una visión más global de lo que sucedía en el sitio.

La encuesta se añade en el apéndice N°1, para su mejor visualización.

Además se le realizó una pequeña entrevista al Ingeniero Jorge Bolaños, sobre aspectos de Motivación y Capacitaciones que reciben los trabajadores en el Proyecto Country Day School.

Resultados

Proyecto visitado

A continuación se muestra la información relevante del Proyecto Country Day School, visitado para la elaboración de la presente Práctica Profesional.

Ubicación y alcance

El proyecto se encuentra ubicado en el cantón de Alajuela, Distrito San Rafael, dentro del complejo Hacienda Espinal abarcando 50 962m² de dicha propiedad, de las cuales se construirá un área de 33 034m².



Figura 7. Ubicación del Country Day School.
Fuente: Google Maps, 2016

El proyecto consiste en la construcción de 22 edificios con alturas máximas a 2 niveles, dentro de las cuales se encuentran los Módulos de Early Learning Center, High School, Middle School, Elementary School, además de Athletics (ATH), Music Arts, Wood And Metal Shop (WMS), Student Center (STC), Operation Building (OPB), y Learning Resource Center (LRC), destacado por ser el edificio seleccionado para realizar dicha Práctica Profesional, contando con un área de 857 m² (ver anexo N°2 y N°3)

El proyecto debe estar terminado y listo para su entrega, en el mes de Agosto del 2016, fecha que debe dar inicio el curso lectivo.

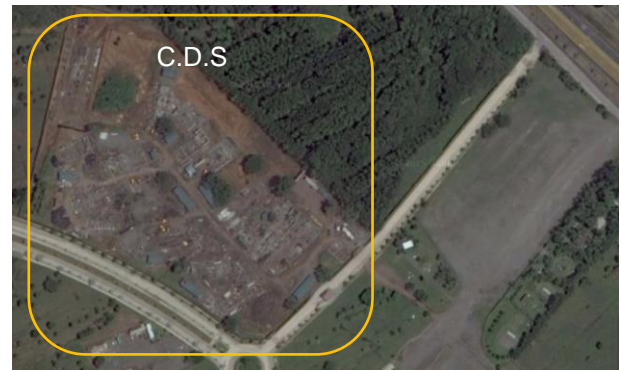


Figura 8. Vista superior de la construcción del Country Day School.
Fuente: Google Maps, 2016

Sistema Constructivo

El sistema constructivo general del proyecto, consta de muros de concreto y paredes de mampostería, además de varias columnas cuadradas de 30cm^2 , 35cm^2 y las columnas con sección circular de 40cm de diámetro, las cuales fueron elegidas para realizar el estudio.

Para elaborar dichas columnas se aplicó el siguiente sistema constructivo, del cual se puede mencionar que para la elaboración de las formaletas, el material principal constaba de dos láminas de acero, que previamente son moldeadas con las dimensiones requeridas. Las formaletas fueron elaboradas en sitio, garantizando una larga duración y repetidos usos, ya que sólo se elaboraron 9 unidades las cuales debían abastecer todas las secciones del proyecto, el cual constaba de un aproximado de 160 columnas cilíndricas.



Figura 9. Elaboración de la formaleta con sección circular
Fuente. Elaboración propia.

Como se mencionó, las columnas cuentan con una sección circular de 40cm de diámetro, y 3.15 metros de alto las cuales fueron coladas en dos tramos, donde la primera sección abarcaba 2.44 metros por ser el largo de la formaleta, y la segunda sección se colaba $1-2$ días después de colar la parte inferior.



Figura 10. Colocación de la formaleta con sección circular.
Fuente. Elaboración propia.

Proceso de encofre y desencofre de la formaleta

realizar dichas actividades, permitiendo al lector visualizar de manera general el proceso realizado

Para realizar las técnicas de medición en productividad de las labores de encofrado y desencofrado de la formaleta cilíndrica, se decide realizar los siguientes diagramas, los cuales muestran los ciclos seguidos por los obreros al

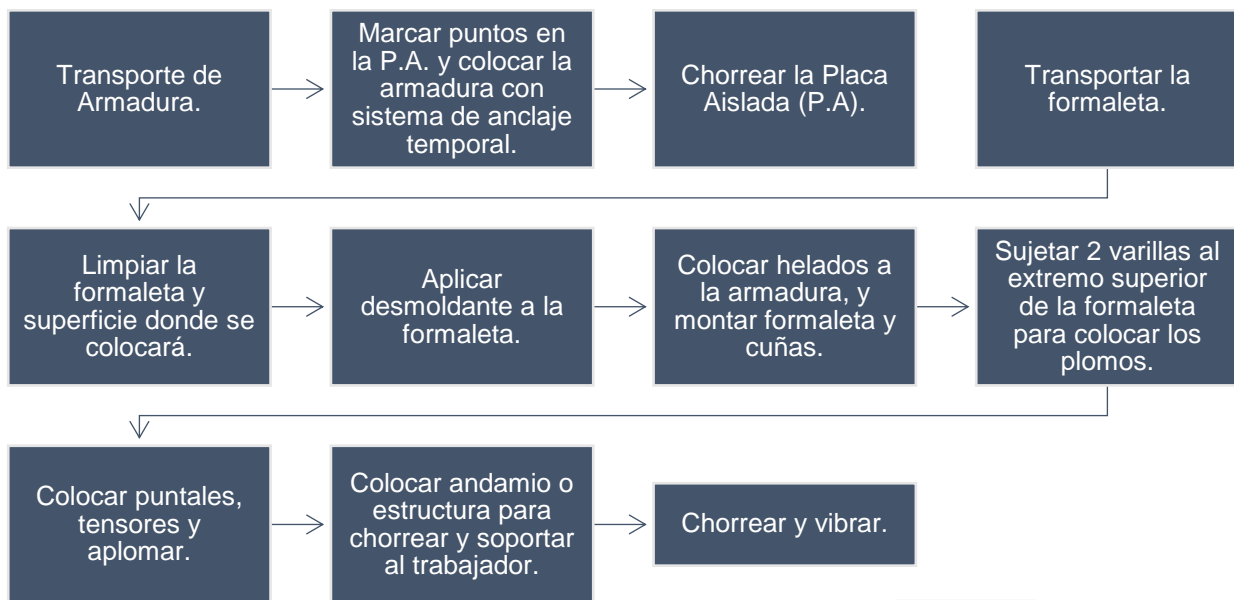


Figura 11. Proceso para confección de Columna con sección circular

Fuente: Elaboración propia.

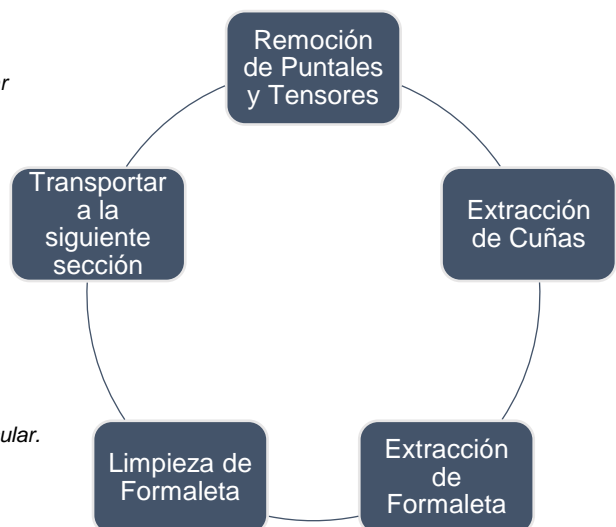


Figura 12. Proceso de Desencofrado de Columnas con sección Circular.

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo de Trabajo

Realizando la metodología de muestreo de trabajo, según la distribución de del cuadro 8, se logra obtener los porcentajes de los tipos de trabajo realizados por los obreros, los cuales se presentan de una forma gráfica para un mejor análisis, además de presentarse la información analizada en el apéndice N°2.

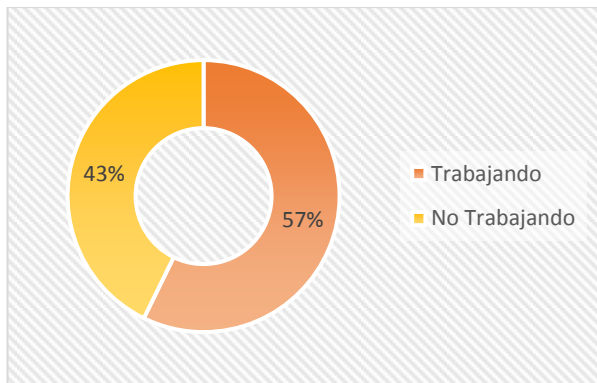


Figura 13. Eficiencia del Trabajo

Fuente: *Elaboración Propia.*

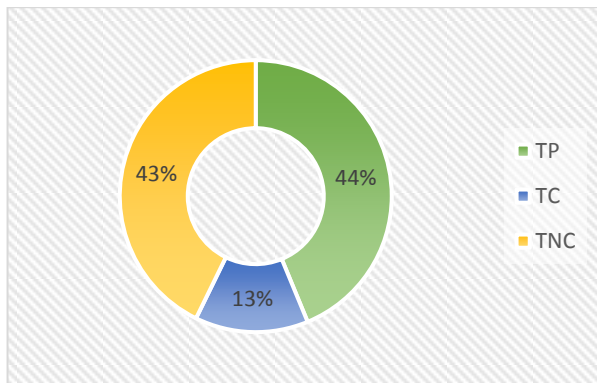


Figura 14. Distribución según el tipo de Trabajo

Fuente: *Elaboración Propia.*

En las figuras 15 y 16 se detallan los porcentajes de las actividades que más tiempo se consumen en los trabajos contributivos y no contributivos realizados por los trabajadores.

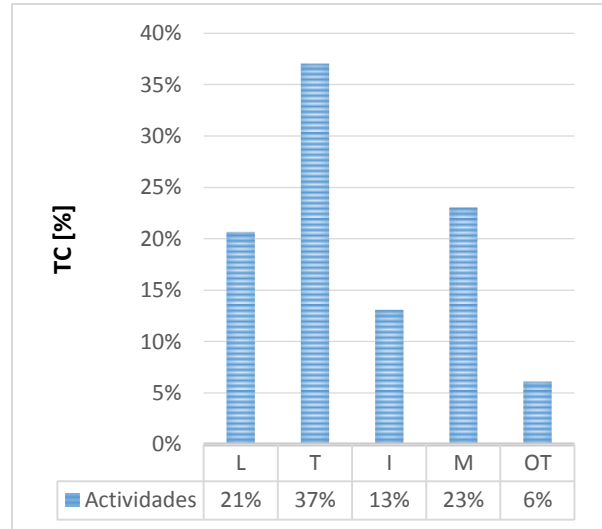


Figura 15. Trabajo Contributivo.

Fuente: *Elaboración Propia.*

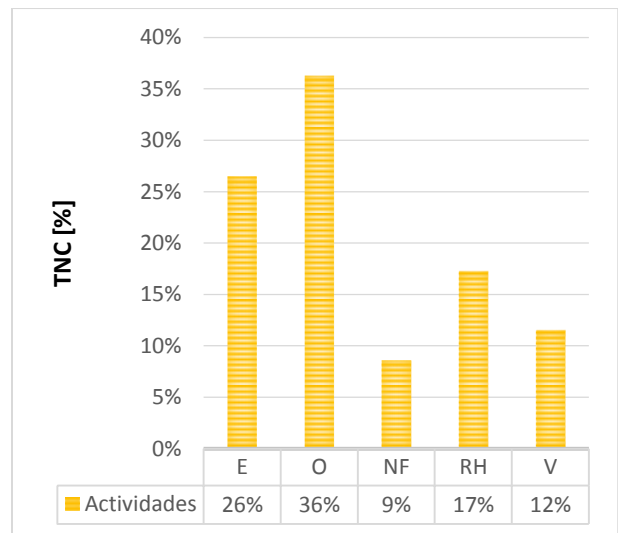


Figura 16 Trabajo No Contributivo.

Fuente: *Elaboración Propia.*

Crew Balance.

Al realizar la metodología de Carta de Balance, y analizar la información del apéndice N°3 se logra obtener las siguientes figuras, con la subdivisión de las actividades en cada columnas, además de valores de eficiencia de los trabajadores realizando las actividades de desencofrado.

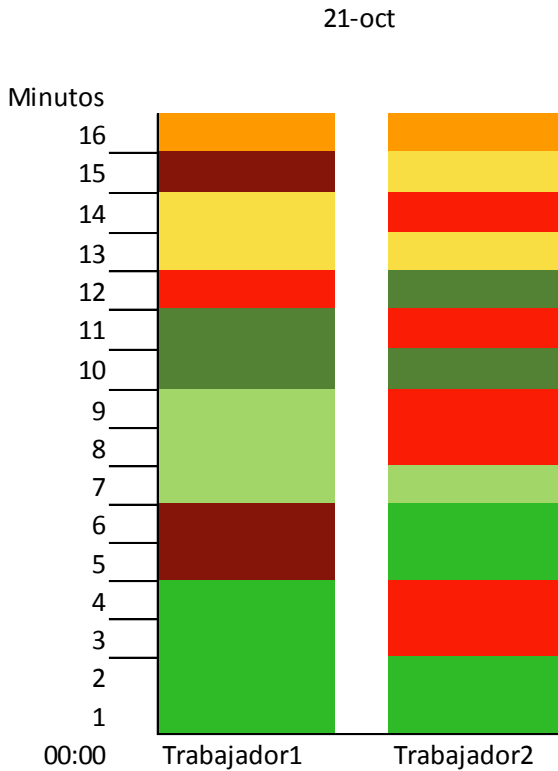


Figura 17. Carta de balance para C1
Fuente: Elaboración propia,

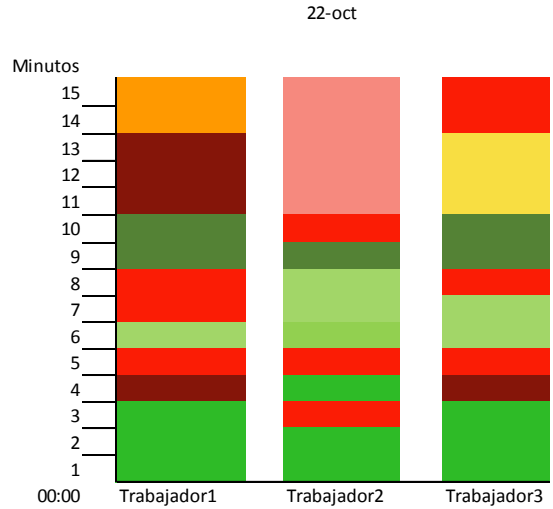


Figura 18. Carta de balance para C3
Fuente: Elaboración propia.

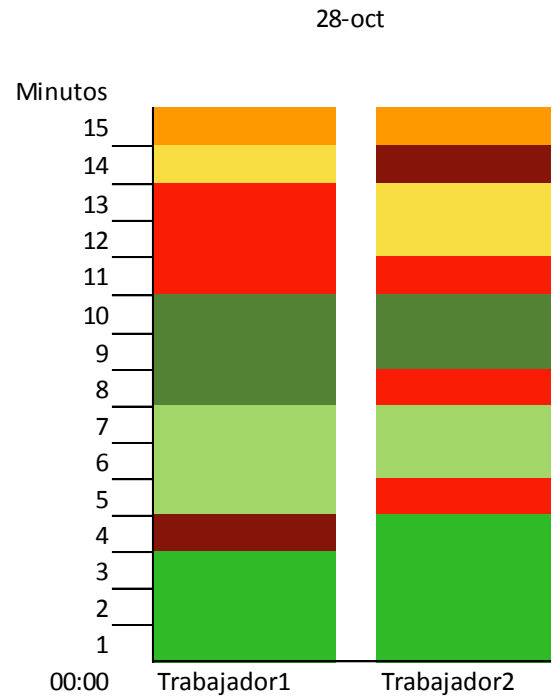


Figura 19. Carta de balance para C5
Fuente: Elaboración propia,

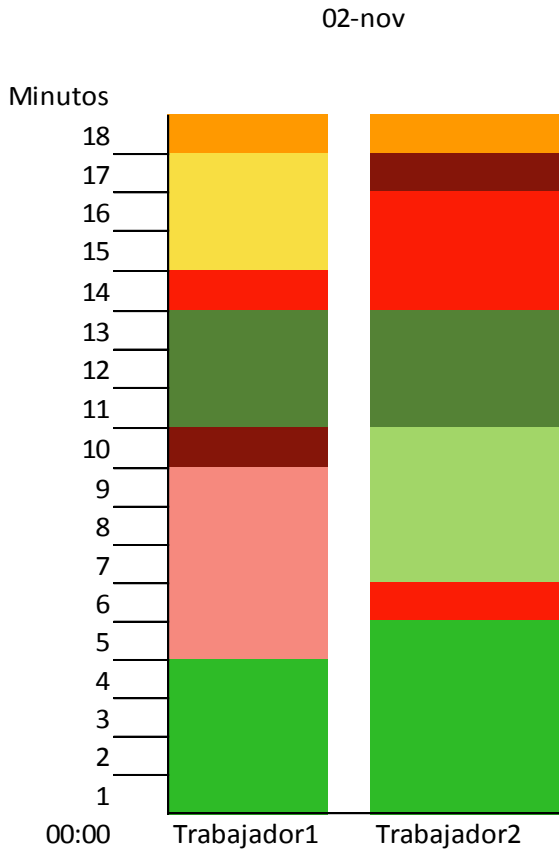


Figura 20. Carta de balance para C8
Fuente: *Elaboración propia.*

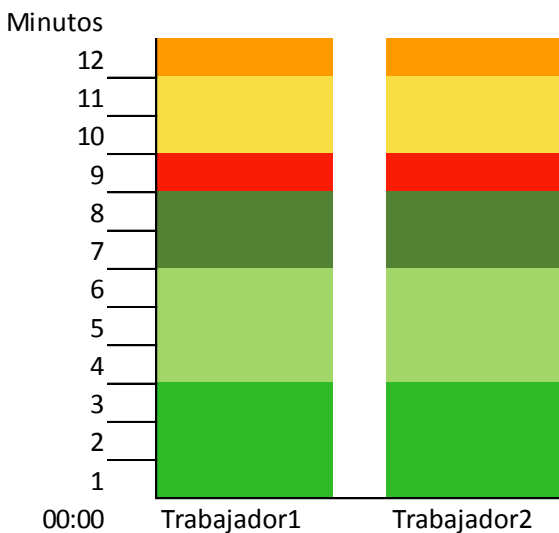


Figura 21. Propuesta de Trabajo
Fuente: *Elaboración propia.*

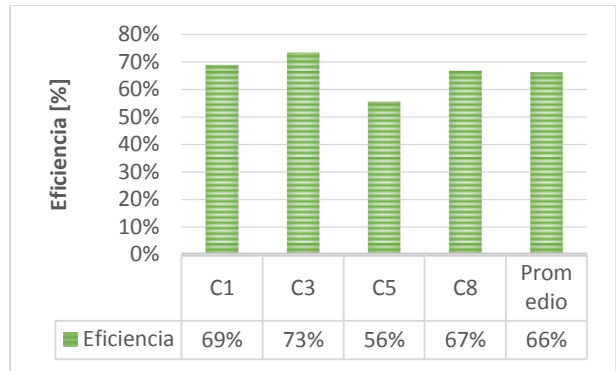


Figura 22. Eficiencia en el proceso de desencofrado

Fuente: *Elaboración propia.*

Rendimientos

La estimación de los rendimientos para cada actividad es el promedio de las observaciones realizadas a las cuadrillas; en el apéndice N°4 se presentan las ampliaciones de los cuadros mostradas a continuación.

Fijación de la Armadura en la Placa Aislada

Se traslada la armadura hasta el sitio, con un Manitou, a unos 100m aproximadamente, donde previamente el trazador marcó con un clavo el centro de la placa aislada, donde debe colocarse la armadura.

El operador del Manitou con el ayudante se encarga de colocar la armadura lo más cerca posible de su posición final, luego el ayudante y peones atan el anclaje de la columnas con amarras tipo pata de gallo a la malla del cemento, y para darle una mayor estabilidad se arriostra con varilla N°3 apoyada en la tierra adyacente, donde la armadura debe quedar totalmente nivelada y centrada.

Cuadro 10. Rendimiento en la colocación de Armadura.

Cuadrilla	Herramientas y Equipo	Nº de Obs.	Rendimiento Promedio (Hr-H/Kg)	Desviación Estandar (σ)	C.V	Rendimiento Final (Hr-H/Kg)
			Ec.5	Ec.6	Ec.7	Ec.9
1 Operario 1 Ayudante 2 Peones	Manitou Nivel Cinta Metrica Cadena Soplador	4	0,028	0,009	30%	0,029

Fuente: *Elaboración Propia. Métrica Kg, Hr.*



Figura 23. Fijación de Armadura al cimiento de la placa aislada

Fuente. *Elaboración propia.*

Colocación de Formaleta y Accesorios

Los tiempos estimados para el encofrado abarcan desde el momento que la formaleta y accesorios están cerca de la armadura, ya que en el f.i (ecu.8) se toma el tiempo de transporte de los mismos.

Una vez la formaleta en el sitio, se aplica el desmoldante, y mientras se da el tiempo de secado, los peones amarran los helados en la armadura.

Luego montan la formaleta, y colocan las cuñas, después en el extremo superior de la formaleta colocan 2 varillas en cruz para amarrar los plomos, seguidamente los puntales y tensores, luego con un nivel, cinta métrica y ayudados de los plomos alinean la formaleta.

Por último apoyados del extremo superior de los puntales, colocan dos varillas sobre las cuales montan una plataforma metálica, que servirá para que el trabajador encargado de chorrear la columna realice adecuadamente su labor.

Como se menciona anteriormente, estas columnas se deben hacer en dos tramos, lo anterior corresponde al tramo inferior, para el superior el encofrado se facilita, ya que la columna existente sirve de guía, y la puesta de la formaleta se minimiza a colocar dos tabloncillos verticales con una altura de 70cm aproximadamente, donde se sienta la formaleta y

se cierra con las cuñas, luego se debe armar un andamio que será para sostener a los trabajadores encargados del colado de la columna.

Cuadro 11. Rendimiento en la colocación de formaleta y accesorios para la confección de columnas

Cuadrilla	Herramientas y Equipo	Nº de Obs.	Rendimiento Promedio (Hr-H/Kg)	Desviación Estandar (σ)	C.V	Rendimiento Final (Hr-H/Kg)
			Ec.5	Ec.6	Ec.7	Ec.9
1 Carpintero	Formaleta	4	1,430	0,056	4%	1,493
	Cuñas					
	Desmoldante					
	Puntales					
1 Ayudante	Tensores					
	Varillas					
	Martillo					
	Plataforma					

Fuente: *Elaboración propia. Métrica m, Hr.*



Figura 24 Encofrado en la parte Inferior
Fuente. *Elaboración propia.*



Figura 25 Encofrado en la parte Superior
Fuente. *Elaboración propia*

Colado de Columna

El concreto es subcontratado, por ello en la toma del rendimiento sólo se cuantificó el proceso a partir de que el balde del Manitou esté lleno de concreto y listo para vaciar, para sólo tomar en cuenta el rendimiento de los trabajadores encargados del colado de la columna, excluyendo el proceso en que se llena el balde y se traslada al sitio.

Para chorrear la columna se necesita 1 albañil, 1 ayudante y 1 peón, donde los 2 primeros se ubican en la plataforma elevada, el albañil es el encargado de abrir la compuerta del

balde y calcular la cantidad necesaria de concreto, mientras el ayudante manipula el vibrador; por otra parte el peón se encarga de golpetear la formaleta cuando el ayudante le indique, por lo general realizaba 16 golpes, dispersando 8 en cada cara de la formaleta, disminuyendo la formación de hormigueros.

Para el colado de la segunda parte sólo se necesitaran 2 trabajadores, donde el albañil sea el encargado de abrir y golpetear la formaleta mientras el ayudantes utiliza el vibrador.

Los resultados del rendimiento se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro 12. Rendimiento del colado de Columnas Circular.

Cuadrilla	Herramientas y Equipo	Nº de Obs.	Rendimiento Promedio (Hr-H/Kg)	Desviación Estandar (σ)	C.V	Rendimiento Final (Hr-H/Kg)
			Ec.5	Ec.6	Ec.7	Ec.9
1 Albañil 1 Ayudante 1 Peón	Manitou Valde Vibrador Mazo Plataforma Escalera	4	4,231	0,094	2%	4,417

Fuente: Elaboración propia. Métrica m, Hr.



Extracción de Formaleta y Accesorios

Cuando el concreto este fraguado se procede a remover la formaleta, puntales, tensores y el andamio.

Para este proceso se necesitan 2 peones, mientras uno remueve las cuñas, el otro se encarga de amarrar la cuerda a una de las asas superiores de la formaleta, para luego halar y desprenderla con mayor facilidad, cuando las 2 formaletas estén en el suelo, se limpian para ser guardadas o transportadas al siguiente punto de trabajo.

Figura 26 Colado de Columnas.
Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 13. Rendimiento del desencofrado de Formaleta y extracción de accesorios

Cuadrilla	Herramientas y Equipo	Nº de Obs.	Rendimiento Promedio (Hr-H/Kg)	Desviación Estandar (σ)	C.V	Rendimiento Final (Hr-H/Kg)
			Ec.5	Ec.6	Ec.7	Ec.9
2 Peones	Mazo Andamio Escalera Cuerda	4	0,286	0,005	2%	0,299

Fuente: Elaboración propia. Métrica m, Hr.



Figura27 Extracción de formaleta y accesorios.
Fuente. Elaboración propia.



Figura28 Columna Circular terminada.
Fuente. Elaboración propia.

Encuestas y Entrevista

A continuación se muestran mediante figuras los datos obtenidos de las encuestas realizadas a 10 trabajadores. Como se mencionó anteriormente, el formato de encuesta se localiza en el apéndice N°1, pero para facilitar la comprensión, antes de cada gráfica hay una pequeña descripción de la pregunta.

La pregunta número 2, hacía referencia a que si en antiguos proyectos había construido columnas de sección circular, dando resultados de.

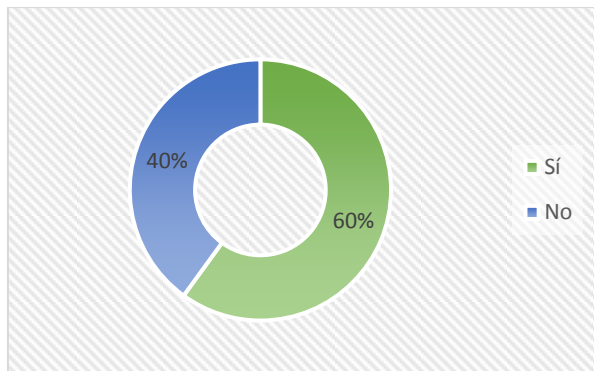


Figura 29. Pregunta 2

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta número 3 hacía referencia al trabajo productivo, donde debían seleccionar tres actividades que a su criterio absorbiera mayor tiempo de ejecución.

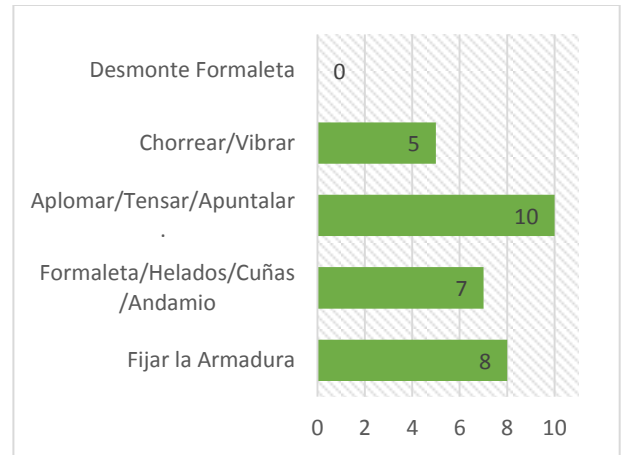


Figura 30. Pregunta 3

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta 4 hacía referencia a la anterior, donde preguntaba que si habían sufrido problemas por la ejecución del trabajo, si la respuesta era sí, debía seleccionar como procedió ante tal situación para solucionarlo.

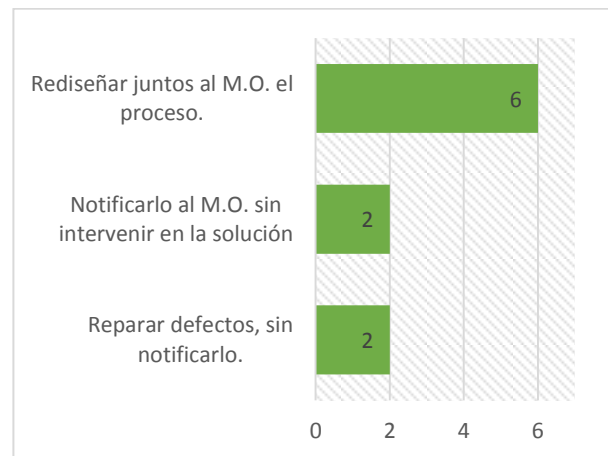


Figura 31. Pregunta 4

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta 5, hace referencia al aspecto de que a criterio del trabajador qué genera más atraso a la hora de realizar el trabajo.

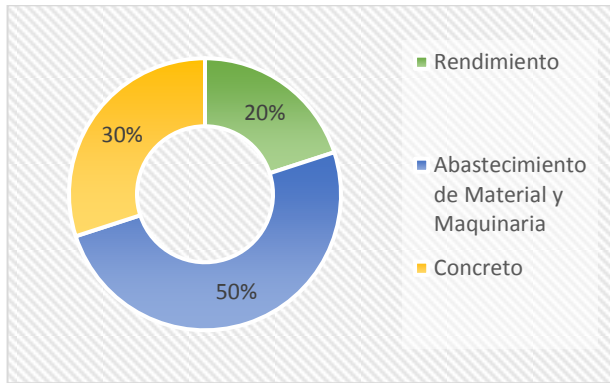


Figura 32. Pregunta 5

Fuente: Elaboración propia.

En la pregunta 6, se les pregunto que con respecto a los atrasos de la pregunta 5, hicieran un estimado de cuánto tiempo a la semana, se podía estar desperdiçando.

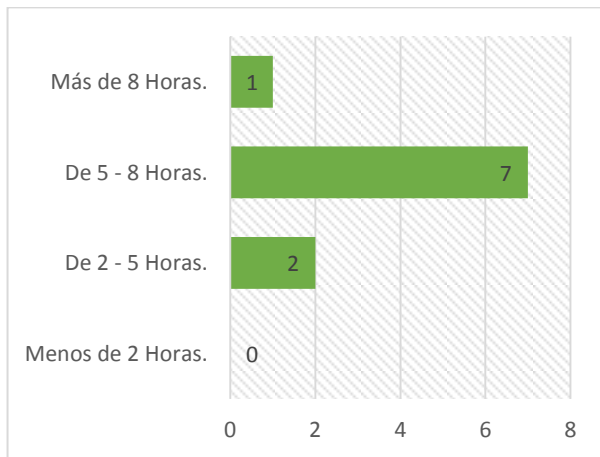


Figura 33. Pregunta 6

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta 7 hacía referencia al trabajo contributivo, en donde se cuestiona cuál de las siguientes actividades a su criterio, requerían

mayor tiempo a la hora de confeccionar las columnas.

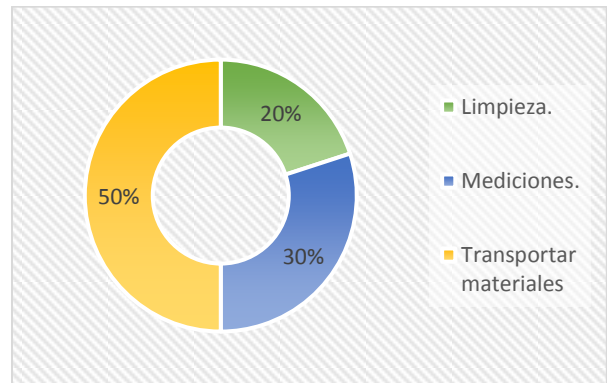


Figura 34. Pregunta 7

Fuente: Elaboración propia.

La pregunta 8 hace referencia al Trabajo No Contributivo, en donde se les solicitaba marcar cuál de las siguientes actividades ellos invertían mayor tiempo, sin ser parte esencial para la confección de columnas.

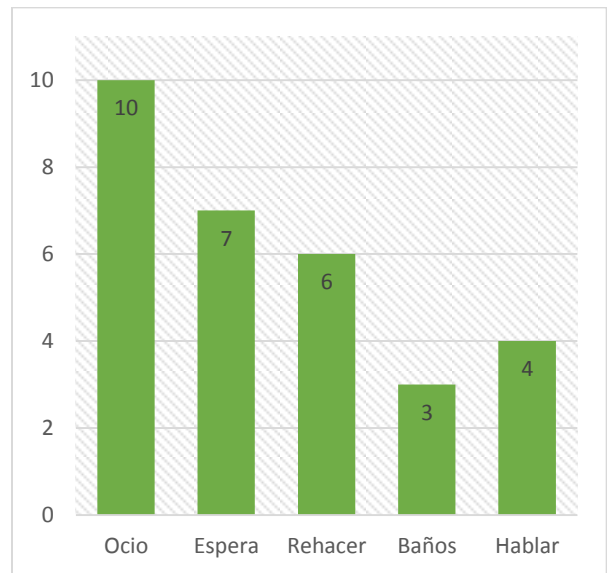


Figura 35. Pregunta 8

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Resultados

Es importante destacar que el Work Sampling, Crew Balance y los Rendimientos de la Mano de Obra, dependen directamente de las condiciones climáticas de la zona, la ubicación del proyecto, la calidad de la mano de obra, los programas de motivación actuales y capacitaciones, además de la dirección y control del proyecto.

Cabe mencionar que la acertada aplicación de estas técnicas en proyecto futuros a nivel general, puede determinar cuáles procesos necesitan una rápida intervención, permitiendo actuar sobre las actividades que absorben mayor tiempo en Procesos No Contributivos, que lo único que ocasionan es un deterioro en la Productividad.

Work Sampling

El Muestreo de Trabajo al ser una técnica aleatoria y probabilística, permite estimar el nivel de confianza y porcentaje de error, dando la certeza de que los resultados obtenidos son más realistas. Según la metodología se debía realizar 384 observaciones, sin embargo se ejecutaron más de 900, disminuyendo aún más el porcentaje de error, aunque el dato inicial era aceptable.

Esta técnica se realizó para el proceso de encofrado, sin tomar en cuenta los procesos de confección de armadura y fijación de la misma a la malla de la placa aislada, ya que todos los trabajos en acero eran subcontratados a ArmaConstru S.A., por ello se tomó la decisión de

empezar el muestreo de trabajo cuando se inicie el transporte de formaleta a la zona, excluyendo los tres primeros procesos de la figura 11, entonces al iniciar la toma de datos con el transporte de la formaleta y accesorios se determinó que la eficiencia del Trabajo abarca un 57%, y según la figura 2 de acuerdo a John S. Page se encuentra dentro del rango bajo, sin embargo al desglosar el Trabajo según la figura 14, los procesos Contributivos abarcan sólo el 13%, dejando los Trabajos Productivos con un 44% de dicho 57%.

El desglose de porcentaje por actividades sólo se realizó para los Trabajos Contributivos y No Contributivos, ya que como objetivo se tiene identificar y disminuir los factores que afecten la productividad de la mano de obra, se optó por determinar los porcentajes otorgados a dichas actividades, que al consumir tiempo no aportan productividad en la ejecución, sin embargo se es consciente que los trabajos Contributivos siempre serán necesarios para realizar labores Productivas, al ir de la mano en toda actividad; entonces lo que se debe procurar es la aplicación eficaz de la filosofía Lean, manejando racionalmente el Trabajo Contributivo y disminuyendo al máximo las labores improductivas.

Según la figura 15 los Trabajos Contributivos que más se llevan a cabo en la confección de columnas, es el transporte de materiales con un 37%, se observó un constante traslado a bodega para solicitar y entregar el equipo, ya que en la zona de trabajo no se manejaban almacenamientos de herramientas por cuestiones de orden, sin embargo una buena práctica pudo ser, primero realizar los procesos

de desencofrado en columnas ya fraguadas y así utilizar la formaleta y accesorios que son parte del constante ciclo de reutilización, en lugar de realizar en la mañana un primer transporte de materiales para el encofrado y en la tarde un último transporte para guardar la formaleta extraída; la misma gráfica expone que el ítem de Mediciones es el segundo en presentar un elevado valor, esto se puede atribuir a que la formaleta cilíndrica presenta mayor dificultad a la hora de nivelar y aplomar el elemento estructural, el cual debe quedar totalmente erguido y sin la capacidad de desplazarse ante carga perpendiculares que harán presión en la formaleta por el proceso de chorreado y vibrado, ya que en estas acciones la estructura debe soportar el peso de dos hombres, además del impacto del concreto al ingresar a la boca de la formaleta o por contacto con el balde, por ello las mediciones y ensamblado son rigurosos, ya que si no se hace un debido apuntalamiento o tensado, la estructura puede ceder y provocar pérdidas a todo nivel.

La figura 16 representa el Trabajo No Contributivo o improductivo, detallando el tiempo destinado en acciones que no aportan a la producción de columnas, donde la mayor parte del tiempo fue destinada al ítem Ocio con un 36%, de la cual, la situación más repetitiva era que el trabajador conscientemente disponía de su tiempo laboral para hablar con algún compañero de situaciones desligadas de la actividad que estuviera realizando, además otra actividad que demandó un 26% es la Espera del trabajador, ante una deficiente planificación, trabajos rehechos o realizados con lentitud, lo cual ocasiona que cerca de un 62% sólo este destinado a estas dos actividades en donde gran parte, la actitud del trabajador influye en ese 43% destinado al Trabajo no Contributivo, del cual en lugar de sólo atribuírselo a la mano de obra, también se debe señalar que se ve influenciado por factores que empeoran la productividad como las mostradas en la figura 3, y que a gran escala se notaron en la obra, como la ubicación del proyecto, Clima adverso y Métodos inadecuados de trabajo.

Sin embargo estas y más circunstancias generadoras de improductividad son normales en un proyecto, ya que sería una ilusión eliminarlos totalmente, no obstante lo ideal es alcanzar valores meta como los estipulados por Serpell, A.

en la figura 4, los cuales se podrían lograr aplicando filosofías como el Lean Construction, que estimulan un uso de recursos eficientes y alientan al trabajador a realizarle mejoras al proceso que realizan día a día, ya que pueden identificar con mayor facilidad que flujo de trabajo debe mejorarse.

Crew Balance

La Carta de Balance sólo se decidió aplicar a la parte inferior de la columna, ya que representaba 1 ciclo en desencofrado, permitiendo visualizar y evaluar con mayor facilidad la tarea y secuencias que siguen los trabajadores a la hora de realizar su labor, además evidencia cuales tiempos de ejecución deben reducirse y si los miembros de la cuadrilla son los adecuados o deben variarse.

El ciclo ideal que debe darse en el proceso de desencofrado es el expuesto en la figura 12, ya que expone un curso limpio donde las actividades fluyen sin intervenciones improductivas, sin embargo las visualizadas en las figuras 17-18-19-20, presentan varias secciones de trabajo no contributivo, de las cuales a grandes rasgos se puede mencionar, que durante las actividades productivas los trabajadores toman tiempos de descanso u ocioso, y si terminan de realizar su actividad en lugar de ayudar a su compañero deciden esperarlo, prolongando así el tiempo de ejecución en la actividad.

La figura 18, al presentar 3 trabajadores, podría pensarse que los trabajos se realizarían más rápido, sin embargo al ser una tarea con tan pocas actividades por hacer, el obrero 2, prácticamente salía sobrando, y por ello alrededor del minuto 11, luego de colocar un extremo de la cuerda se fue, de ahí en adelante sus compañeros siguieron laborando, con la particularidad de que se repartieron el trabajo, ya que mientras el T3 limpiaba la formaleta y cuñas, el T1 esperaba, para luego ser él, quien las trasladara a la bodega.

En la figura 20 los trabajadores al terminar de quitar los puntales y tensores, deben

extraer las cuñas con un martillo, sin embargo el T2 realiza solo el trabajo, ya que el T1 no andaba la herramienta y decide ir a la bodega por ella mientras su compañero extrae las cuñas, al regresar aún está en la extracción, sin embargo decide esperarlo ya que sólo le quedaba una, luego conjuntamente amarran y halan las formaletas, y luego el T1 realiza toda la labor de limpieza, mientras su compañero descansa.

El Crew Balance también permite determinar los niveles de eficiencia del trabajo, como lo muestra la figura 22, la cual además de presentar la eficiencia para cada cuadrilla también muestra que el promedio de las mediciones fue un 66%, y que según la figura 2 de John S. Page, se encuentra en un rango normal, sin embargo un modelo óptimo sería un trabajo equitativo y disminuyendo esperas o descansos como lo mostrado en la figura 21, la cual propone un trabajo continuo con un descanso luego de realizar la extracción de formaleta y accesorios.

Rendimientos

El rendimiento es un indicador del desempeño del recurso humano, siendo el tiempo requerido en horas hombre, para producir una unidad de trabajo, en palabras más sencillas significa que si el valor es alto, la productividad es baja, por ser un proceso que requiera mucho tiempo de ejecución.

El siguiente análisis refleja las Hr-H promedio requeridas por actividad, respecto a los rendimientos promedio incluidos en el apéndice N°4

La toma de rendimientos se subdividió en 4 actividades de fácil distinción, la primera y según la cuadro 10, la fijación de armadura tiene un rendimiento de 0.023Hr-H/Kg, con una desviación estándar, o incertidumbre de +/-0.009, siendo la menor desviación de las 4 actividades, debido a que la toma de datos fueron muy similar y en lapsos muy cortos, ya que con una cuadrilla de 3 hombres en promedio la fijación de la armadura tardaba alrededor de 33 minutos.

Para la colocación de formaleta y accesorios se determinó que el rendimiento para una formaleta de 3.95m², sería de 1.49Hr-H/m², con una desviación estándar de +/-0.56, entonces el proceso al ser realizado por cuadrillas de 2 personas tardaba alrededor de 2Hr y 55min.

Para el colado de la columnas se determinó que el rendimiento es de 4.42Hr-H/m³, con una desviación de +/-0.094, entonces el proceso al ser realizado por 2.5 personas (esto debido a que en la parte inferior lo realizan 3 trabajadores y en la superior 2, un trabajador sólo estará presente en medio proceso, por ello se considera 2.5 para el total de la actividad) tarda un aproximado de 40 minutos.

Para el desencofrado de la columna se estableció un rendimiento de 0.3Hr-H/m², entonces para desencofrar una formaleta de 3.95m² con una cuadrilla de 2 trabajadores, se tarda aproximadamente 30 minutos.

Al tener los tiempo necesarios para la confección de la columna circular con diámetro de 40cm, altura de 3.15m, realizada en dos tramos, y por una cuadrilla de 2 trabajadores, se establece que se necesitan alrededor de 4 horas y 35 minutos para obtener el producto final, se podría alegar que es un tiempo alto, y que una solución sería aumentar la cuadrilla par así disminuir los tiempos, sin embargo el razonamiento no es 100% aplicable, tal y como se observó en el proceso de desencofrado de la columna 3 graficado en el CB (figura 18), ya que lo único que hacen es estorbarse entre sí, porque las tareas que se pueden hacer simultáneamente no exceden las 2 unidades.

La estimación de los rendimientos es el promedio de las observaciones realizadas a las cuadrillas, sin embargo a partir de la actividad 2, se da la suma de los dos ciclos que se tuvieron que realizar, debido a que el largo de la formaleta no era el suficiente.

Entrevista y Encuesta

Al realizarle encuestas a los trabajadores se tabula información muy valiosa, que sólo por medio de esta técnica se logra obtener, ya que se visualiza la otra cara de la empresa, donde el obrero al ser la pieza fundamental en la construcción, siempre tendrá aportes importantes con respecto a la productividad, siendo una clave para aumentarla, la única traba será descifrar dicha información para lograr elevar los rendimientos y producción, al determinar los males que la deterioran.

Según la figura 29, sólo un 60% de los encuestados había realizado columnas cilíndricas, siendo un punto clave en los rendimientos y trabajos (TP, TC, TNC).

Además se preguntó que a criterio personal, cuál de los trabajos productivos representaba más tiempo de elaboración, en donde un 100% marco que aplomar/tensar/apuntalar, y como tercera opción Formaleta/Cuñas/Andamio, siendo de las 2 actividades que más tiempo requerían, coincidiendo fielmente con los rendimientos obtenidos, ya que estas actividades pertenecen al proceso de Formaleta y Accesorios; dato curioso es que ningún trabajador estimó que el proceso de desencofrado fuera una actividad que absorbiera mucho tiempo, no obstante abarca alrededor de 30 minutos, cerca de la actividad Fijar la armadura, la cual se realiza en un tiempo estimado de 33 minutos, sin embargo 8 trabajadores la seleccionaron dentro de sus tres opciones, quedando en segunda posición, lo cual se puede atribuir a que el proceso de desencofrado es una ejecución fácil, y mentalmente no se relaciona con que pueda abarcar mucho tiempo.

En la pregunta 4, se cuestionó sobre qué acciones realizan al presentar problemas a la hora de ejecutar las actividades, la mayoría mencionó que junto al M.O realiza un rediseño del proceso que presenta dificultades, siendo la aplicación del concepto Jidoka, la cual es una opción ventajosa para el proceso, ya que el

trabajador al tener la experiencia previa reconoce y comenta con el encargado que aspectos a su criterio dificultan los trabajos, siendo de gran ayuda para su solución.

La figura 32 ilustra, que los obreros se inclinan a que los atrasos en el trabajo se deben al deficiente abastecimiento de materiales y maquinaria, sin embargo a criterio personal no es la opción más acertada, ya que muchos trabajos observados se realizaban con lentitud, mientras los equipos necesarios si abastecían las actividades, debido al esfuerzo del maestro de obra que estaba al tanto del equipo a utilizar, y era de esperarse que la opción rendimientos iba a tener poco porcentaje, ya que ellos mismo no iban a sabotear su propio trabajo, no obstante en la figura 33 la mayoría estima que se pierde alrededor de 5-8 horas laborales por semana, de las cuales gran parte son destinadas a las actividades presentes en la figura 35, en donde la mayoría indicaron que el ocio, espera y rehacer trabajos eran las actividades improductivas con mayor frecuencia.

Con respecto a la entrevista realizada al Ingeniero sobre aspecto de motivación y capacitaciones, él indicó que sí se hacen breves capacitaciones sobre trabajos técnicos de difícil ejecución, pero la vía que utilizan es reunirse con los Maestros de Obra, explicarles ampliamente los procedimientos a seguir y que ellos se encarguen de difundir la información y ejecutar el trabajo, además aproximadamente una vez al mes se imparten charlas de refrescamiento en cuanto a la Seguridad Laboral.

Con respecto a los programas de Motivación, indicó que en dicho proyecto se aplicaba un Programa de Bonificación, que premia económicamente a los trabajadores, donde el recurso proviene del Ingeniero, aportando un 10% o 20% del salario, y que el porcentaje a otorgar depende de la tarea, días y dificultad que genere el proceso, además varias tareas se trabajaban bajo el concepto de outsourcing, en donde los mismos trabajadores que conforman la planilla de trabajo del proyecto, se encargan de realizar tareas cíclicas y de rápida ejecución, sin embargo se debe tener un control más riguroso y visitas al campo más frecuentes, para medir los avances y que no hayan más trabajadores de los inscritos en el subcontrato.

Conclusiones

- El outsourcing para los procesos de confección de armadura y concreto, permite reducir los tiempos de producción del elemento estructural.
- La cuadrilla ideal para los procesos de encofrado y desencofrado en columnas circulares es de 2 trabajadores.
- La construcción de la formaleta permite diseñar las dimensiones, características idóneas y necesarias del sistema, además representa un ahorro sustancial el no tener que invertir en la compra de formaleta redonda.
- La formaleta metálica prefabricada es la mejor opción para la construcción de columnas circulares, al ser la metodología más fácil y de menor duración en encofrar.
- La implementación de un plan de bonificaciones y subcontratos, motiva a las cuadrillas a realizar una mayor cantidad de trabajo, y asimismo los ingenieros se aseguran de cumplir una cantidad mínima de trabajo en un periodo de tiempo establecido.
- Para obtener los valores de rendimiento, sólo se le aplicó la metodología a 5 columnas, donde los rendimientos obtenidos reflejan el grado de complejidad de la actividad, la cual a mayor tiempo de ejecución, mayor complejidad, siendo el proceso de Formaleta y accesorios (encofrado) el más complejo al presentar un rendimiento de $1,43\text{Hr-H/m}^2$, en contraposición el proceso menos complejo es el de desencofrado con un rendimiento de $0,29\text{Hr-H/m}^2$.
- Aproximadamente se necesitan 4 horas y 35 minutos de mano de obra para construir una columna de 40 cm de diámetro y 3.15m de altura.
- Para obtener los valores de productividad, sólo se le aplicó la metodología a 5 columnas, dando que la productividad en el proceso de encofrado de columnas circulares es bajo, al sólo alcanzar el 57% de eficiencia, estando 4% debajo de la eficiencia del trabajo promedio según John S. Page.
- La distribución según el tipo de trabajo para los proceso de encofrado en columnas, corresponde a un TP de 44%, TC de 13% y TNC 43%.
- Los trabajos contributivos más comunes que en los procesos de encofrado, es el transporte y mediciones constantes, mientras que los trabajos no contributivos que más afectan la productividad son el tiempo ocioso y espera.
- Según la carta de Balance la eficiencia promedio en el proceso de desencofrado es del 66%.
- A nivel general en el proyecto los factores que afectan la productividad, están relacionados con métodos de trabajo inadecuados, dimensionamiento incorrecto de cuadrillas, supervisión ineficiente, además de causas incontrolables como las condiciones climáticas altamente variables, ubicación geográfica, y constantes modificaciones en los planos del proyecto.

Recomendaciones

- Implementar un Programa para el Mejoramiento de la Productividad, en donde se desarrollen mediciones las cuales en una primer instancia podrían ser las estudiadas en dicho proyecto, pero con el objetivo de aplicarlas a las actividades más representativas y que con mayor frecuencia realice la empresa, obteniendo ventajas como mayor competitividad, satisfacción del cliente por una rápida entrega al reducir tiempos muertos y trabajos innecesarios.
- Velar por los factores que incrementan la productividad, e incentivar a que demás trabajadores la adopten.
- Rediseñar el Plan de Recompensas, donde se premie al frente ganador por obtener la menor cantidad de accidentes laborales, cumplimiento de la programación, orden y aseo, etc. Donde la premiación será por medio de una rifa mensual, de algún implemento necesario para realizar labores como un par de zapatos, herramientas básicas, o un almuerzo en la soda; lo cual incentiva mensualmente a los trabajadores para realizar sus actividades, aumentando la productividad.
- Es de gran importancia vincular a los Maestros de Obra y Segundos, en el desarrollo del proyecto, para que se sientan parte de la obra y adopten un sentido de pertenencia, que les haga trabajar y esforzarse día a día, que se empoderen de los procesos y realicen aportes que sean benéficos para la calidad y mejoramiento continuo de las

actividades que realizan los obreros a su cargo.

Apéndices

Este documento cuenta con un total de 5 apéndices, que se enlistan a continuación.

Apéndice N°1. Encuesta realizada a los trabajadores del frente Learning Resource Center.

Apéndice N°2. Cuadros del Muestreo de Trabajo, para el proceso de encofrado de columnas circulares.

Apéndice N°3. Información del Crew Balance, para el proceso de desencofrado de columnas circulares.

Apéndice N°4. Cuadros de Rendimientos para los procesos de encofrado y desencofrado de columnas circulares.

Apéndice N°5. Registro fotográfico de la cronología del proceso.

Apéndice N°1.

Fecha de Ejecución: _____

Hora: _____

(Esta encuesta es totalmente anónima y propiedad F. Zamora,)

1. ¿Cuál es su cargo en el proyecto?

Albañil
 Ayudante

Carpintero
 Peón

2. ¿En proyectos anteriores había confeccionado Columnas tipo cilíndricas?

Sí No

3. A su criterio, seleccione 3 actividades que requieren mayor tiempo de ejecución,

Fijar la armadura a la Placa Aislada
 Colocar Formaleta, Helados, Cuñas y andamio.
 Aplomar/Tensar/Apuntalar.
 Chorrear/Vibrar
 Desmonte de Formaleta

4. Al realizar los procesos de la pregunta 3, presento problemas (__ Sí / __ NO).

¿Cómo procedió para solucionarlos?

Reparar defectos y seguir adelante sin notificarlo.
 Notificarlo al M.O, y que él sea el encargado de averiguar las causas, y actuar sobre ellas
 Junto al M.O, rediseñar el proceso de ejecución, y notificarlo a los demás.
 No ejecutar acciones correctivas.

5. Seleccione el aspectos que a su criterio generan más atraso.

Abastecimiento (____ Material / ____ Maquinaria)
 Descoordinación
 Subcontratos (____ Armadura / ____ Concreto)
 Rendimientos
 Otros: _____

6. ¿Cuanto tiempo a la semana cálcula que se pierde, por los aspectos mencionados en la pregunta 4?

Menos de 2 Horas.
 De 2 - 5 Horas.
 De 5 - 8 Horas.
 Más de 8 Horas.

7. A su criterio, cual de las siguientes actividades requiere mayor tiempo de ejecución.

Limpieza
 Discutir sobre el trabajo con el compañero de ejecución
 Escuchar instrucciones del Maestro de Obras
 Realizar mediciones
 Transportar materiales (Tensores, Pilotes, Helados, Desmoldante, Formaletas, etc..)

8. Seleccione 3 actividades que a su criterio los trabajadores invierten mayor tiempo.

Espera de Material Baños Rehacer Trabajos
 Hablar Ocio Viajes innecesarios

Apéndice N°2.

#1

Fecha: 19-oct				Comentarios										
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC					
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes	
3	3	0	0											
3	2	0	1										1	
2	1	1	0	1										
2	1	1	0	1										
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	0	1	1	1							1			
2	0	1	1	1							1			
2	1	1	0			1								
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1										1	
2	1	1	0		1									
2	1	1	0		1									
2	1	1	0		1									
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	0	1	1			1					1			
2	0	1	1			1					1			
2	1	0	1								1			
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	
2	0	1	1											1
2	0	1	1											1
2	0	2	0											2
2	0	2	0											2
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1											1
2	1	0	1											1
2	1	0	1											1
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1								1			

				Comentarios										
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC					
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes	
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	0	2	0				2							
2	0	2	0				2							
2	1	0	1											1
2	1	0	1											1
2	1	0	1											1
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	0	2	0				2							
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	0	0	2								2			
2	0	0	2								2			
2	2	0	0											
2	1	0	1								1			
2	1	1	0					1						
2	2	0	0											
2	0	1	1					1			1			
2	2	0	0											
2	0	1	1								1			
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	0	0	2								2			
2	0	1	1					1			1			
2	0	1	1					1			1			
2	0	0	2								2			
2	1	0	1								1			
2	1	0	1								1			
2	0	0	2								2			
3	2	0	1											1
3	2	0	1											1
3	2	1	0			1								
5	2	0	3							3				
5	2	0	3							3				
5	1	0	4							4				
5	1	0	4							4				
5	0	0	5							5				
5	0	0	5							5				
5	1	0	4							4				
5	2	0	3								3			
5	3	0	2								2			
5	2	1	2			1					2			
5	3	0	2								2			
5	3	0	2								2			
5	3	1	1			1					1			
5	2	1	2			1					2			
5	3	1	1			1					1			
5	2	0	3								3			
5	2	0	3								3			
5	1	1	3	1							3			
5	1	1	3	1							3			
5	1	1	3	1							3			
5	2	1	2	1							2			
5	4	0	1								1			
3	2	0	1								1			
3	1	0	2								2			
315	155	40	120	8	17	5	6	4		28	60	10	10	12
		40	120	20%	43%	13%	15%	10%		23%	50%	8%	8%	10%

% Trabajo Productivo 49%
 % Trabajo Contributivo 13%
 % Trabajo NO Productivo 38%

} 62%
 100%

#2

Fecha: 20-oct				Comentarios												
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC							
				Limpieza	Transporte	Instruccion	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes			
2	1	0	1													1
2	2	0	0													
2	2	0	0													
2	1	0	1							1						
2	0	1	1		1					1						
2	0	1	1		1					1						
2	1	0	1							1						
2	1	0	1							1						
2	1	0	1							1						
2	0	1	1			1				1						
2	0	0	2							2						
2	0	0	2							2						
2	0	0	2							2						
2	1	0	1							1						
2	2	0	0													
2	2	0	0													
2	1	0	1									1				
2	1	0	1									1				
2	1	0	1									1				
2	0	1	1			1										
2	0	1	1			1										
2	2	0	0													
2	2	0	0													
2	0	0	2													
2	0	0	2													
2	0	0	2													
2	0	0	2													
2	1	0	1							1						
2	0	0	2							2						
2	0	0	2							2						
2	0	0	2							2						
2	0	0	2									2				
2	2	0	0													
2	1	0	1													1
2	1	0	1													1
2	2	0	0													
2	2	0	0													
2	0	0	2									2				
2	0	0	2									2				
2	0	1	1			1						1				
2	1	0	1									1				
2	1	0	1									1				
2	1	1	0		1											
2	1	1	0		1											
2	1	0	1								1					
2	1	0	1													1
2	0	1	1													1
2	0	1	1													1
2	0	1	1		1											1

#2

Fecha: 20-oct				Comentarios											
Tamaño Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC						
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes		
2	0	0	2											2	
2	0	1	1				1							1	
2	1	0	1											1	
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	1	0	1								1				
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	1	0	1											1	
2	1	0	1											1	
2	1	0	1											1	
2	0	1	1				1							1	
2	0	1	1				1							1	
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	1	0	1								1				
2	1	1	0				1								
2	0	0	2								2				
2	0	1	1				1				1				
2	2	0	0												
2	1	0	1								1				
2	0	0	2								2				
2	2	0	0												
2	1	0	1								1				
2	1	1	0			1									
2	0	1	1		1						1				
2	0	1	1		1						1				
2	1	0	1								1				
2	1	0	1								1				
2	1	0	1									1			

% Trabajo Productivo
 % Trabajo Contributivo
 % Trabajo NO Productivo

44% }
 13% } 57%
 43%

				Comentarios										
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC					
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes	
2	0	1	1				1					1		
2	0	1	1				1					1		
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1									1		
2	1	0	1									1		
2	1	0	1									1		
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	0	1									1		
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	0	0	2											2
2	0	0	2											2
2	0	0	2											2
2	1	0	1											1
2	2	0	0											
2	1	0	1									1		
2	0	0	2									2		
2	1	1	0				1							
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	1	1	0				1							
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	1	0	1							1				
2	0	0	2							2				
2	0	0	2							2				
2	1	0	1							1				
2	0	0	2							2				
2	0	1	1						1	1				
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	1	0						1					
2	1	0	1									1		
2	1	0	1									1		
2	1	0	1									1		
2	1	0	1									1		
2	0	1	1				1					1		
2	0	1	1				1					1		
2	1	0	1						1					
2	2	0	0											
2	2	0	0											
2	1	1	0				1							
2	1	1	0				1							
2	0	1	1				1						1	
2	0	1	1				1						1	
2	1	0	1										1	
2	0	1	1				1						1	
2	0	2	0				2							
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	

% Trabajo Productivo
 % Trabajo Contributivo
 % Trabajo NO Productivo

46% }
 14% } 60%
 40%

#4

Fecha:		23-oct		Comentarios											
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC						
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes		
2	0	1	1				1								1
2	0	1	1				1								1
2	0	1	1				1								1
2	1	0	1												1
2	0	0	2								2				
2	0	0	2								2				
2	1	1	0	1											
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	0	0	2								2				
2	0	0	2								2				
2	1	1	0		1										
2	1	1	0		1										
2	0	1	1		1				1						
2	0	1	1		1				1						
2	0	1	1		1				1						
2	1	1	0		1										
2	0	0	2						1		1				
2	0	0	2						1		1				
2	1	0	1						1						
2	1	0	1						1						
2	1	0	1						1						
2	0	0	2						1		1				
2	0	0	2						1		1				
2	0	1	1			1			1						
2	0	1	1			1			1						
2	0	0	2						1		1				
2	1	0	1						1						
2	1	0	1						1						
2	1	0	1						1						
2	0	0	2						1		1				
2	0	0	2						1		1				
2	1	0	1						1						
2	0	1	1						1						
2	1	0	1						1						
2	1	0	1						1						
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	0	0	2							2					
2	0	1	1					1		1					
2	0	1	1			1				1					
2	1	0	1							1					
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	2	0	0												
2	1	0	1											1	
2	1	0	1											1	
2	1	0	1											1	
2	1	0	1											1	

				Comentarios										
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC					
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes	
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	
2	1	0	1										1	
2	1	1	0	1										
2	1	1	0	1										
2	1	1	0	1										

% Trabajo Productivo 44%
 % Trabajo Contributivo 13% } 57%
 % Trabajo NO Productivo 43%

#5

Fecha: 30-oct

				Comentarios										
Tamaños Cuadrilla	TP	TC	TNC	TC					TNC					
				Limpieza	Transporte	Instruccions	Medicions	Otros	Espera	Ocio	Baños	Rehacer	Viajes	
4	0	1	3				1			3				
4	1	1	2				1			2				
4	1	1	2				1			2				
4	2	1	1				1			1				
4	2	1	1				1			1				
4	2	0	2							2				
4	2	0	2							2				
4	1	1	2	1						2				
4	2	1	1	1									1	
4	0	1	3	1		1					2		1	
4	1	0	3								2		1	
4	3	0	1										1	
4	2	0	2										1	1
4	1	0	3								1		1	1
4	2	0	2										1	1
4	1	1	2		1								1	1
4	2	1	1		1								1	
4	2	1	1		1								1	
4	3	1	0		1									
3	2	1	0		1									
3	2	1	0					1						
3	0	1	2	1								1		1
3	0	0	3								1	1		1
3	0	0	3								1	1		1
3	0	0	3								1	1		1
3	1	0	2									1		1
3	1	0	2									1		1
3	1	0	2									1		1

% Trabajo Productivo 36%
 % Trabajo Contributivo 15% } 50%
 % Trabajo NO Productivo 50%

Apéndice N°3

Crew Balance

Actividad: Desencofrado

Fecha: 21-oct

Minutos	TR1	TR2
1	1	1
2	1	1
3	1	0
4	1	0
5	0	1
6	0	1
7	1	1
8	1	0
9	1	0
10	1	1
11	1	0
12	0	1
13	1	1
14	1	0
15	0	1
16	1	1

Suma 12 10

Total de Observ.= 32
 Observ. Efectivas= 22
 %Efectividad= 69%

Crew Balance

Actividad: Desencofrado

Fecha: 22-oct

Minutos	TR1	TR2	TR3
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	0	1
4	0	1	0
5	0	0	0
6	1	1	1
7	0	1	1
8	0	1	0
9	1	1	1
10	1	0	1
11	0	0	1
12	0	0	1
13	0	0	1
14	1	0	0
15	1	0	0

Suma 8 7 10

Total de Observ.= 45
 Observ. Efectivas= 25
 %Efectividad= 56%

Crew Balance

Actividad: Desencofrado

Fecha: 28-oct

Minutos	TR1	TR2
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	0	1
5	1	0
6	1	1
7	1	1
8	1	0
9	1	1
10	1	1
11	0	0
12	0	1
13	0	1
14	1	0
15	1	1

Suma 11 11

Total de Observ.= 30

Observ. Efectivas= 22

%Efectividad= 73%

Crew Balance

Actividad: Desencofrado

Fecha: 02-nov

Minutos	TR1	TR2
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	0	1
6	0	0
7	0	1
8	0	1
9	0	1
10	0	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	0	0
15	1	0
16	1	0
17	1	0
18	1	1

Suma 11 13

Total de Observ.= 36

Observ. Efectivas= 24

%Efectividad= 67%

Apéndice N°4

ACTIVIDAD:Fijación de la Armadura a la Placa Aislada		
Fecha	Jueves 15 Octubre,2015	
Nº Columna	1	
Peso aprox. de Armadura	70 kg	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
07:40-08:00	3	0,30
08:05-08:41	3	0,60
		0,900

$$\text{HH/m}^2 = 3,86\text{E-}02$$

ACTIVIDAD:Fijación de la Armadura a la Placa Aislada		
Fecha	Viernes 16 Octubre, 2015	
Nº Columna	3	
Peso aprox. de Armadura	70 kg	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
13:25-13:40	3	0,26
13:43-14:15	3	0,53
		0,790

$$\text{HH/m}^2 = 3,39\text{E-}02$$

ACTIVIDAD:Fijación de la Armadura a la Placa Aislada		
Fecha	Jueves 22 Octubre, 2015	
Nº Columna	5	
Peso aprox. de Armadura	70 kg	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
13:15-13:27	2	0,20
13:35-14:01	2	0,43
		0,630

$$\text{HH/m}^2 = 1,80\text{E-}02$$

ACTIVIDAD:Fijación de la Armadura a la Placa Aislada		
Fecha	Lunes 26 Octubre, 2015	
Nº Columna	8	
Peso aprox. de Armadura	70 kg	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
07:45-08:00	2	0,24
08:03-08:34	2	0,51
		0,750

$$\text{HH/m}^2 = 2,14\text{E-}02$$

ACTIVIDAD:Colocación de Formaleta y Accesorios		
Fecha	Lunes 19 Octubre,2015	
Nº Columna	1	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
09:20-11:38	2	2,30
(22/10) 7:20-7:43	2	0,38
		2,68

$$\text{HH/m}^2 = 1,36\text{E}+00$$

ACTIVIDAD:Colocación de Formaleta y Accesorios		
Fecha	Martes 20 Octubre,2015	
Nº Columna	3	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
07:17-09:40	2	2,39
(23/10) 09:25-09:51	2	0,43
		2,82

$$\text{HH/m}^2 = 1,43\text{E}+00$$

ACTIVIDAD:Colocación de Formaleta y Accesorios		
Fecha	Lunes 26 Octubre,2015	
Nº Columna	5	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
09:25-11:50	2	2,41
(30/10) 7:23-07:46	2	0,40
		2,81

$$\text{HH/m}^2 = 1,42\text{E}+00$$

ACTIVIDAD:Colocación de Formaleta y Accesorios		
Fecha	Viernes 30 Octubre,2015	
Nº Columna	8	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
08:07-10:38	2	2,53
(3/11) 8:25-8:52	2	0,46
		2,99

$$\text{HH/m}^2 = 1,51\text{E}+00$$

ACTIVIDAD:Colado de Columna		
Fecha	Lunes 19 Octubre,2015	
Nº Columna	1	
Volumen de Formaleta	0,4 m3	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
13:34-13:57	3	0,39
(22/10)	2	0,27
14:00-14:16		
	1parte	2,93E+00
	2parte	1,35E+00
		4,28E+00

$$HH/m^2 = 4,28E+00$$

ACTIVIDAD:Colado de Columna		
Fecha	Martes 20 Octubre,2015	
Nº Columna	3	
Volumen de Formaleta	0,4 m3	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
11:13-11:35	3	0,38
(23/10)	2	0,28
14:45-15:01		
	1parte	2,85E+00
	2parte	1,40E+00
		4,25E+00

$$HH/m^2 = 4,25E+00$$

ACTIVIDAD:Colado de Columna		
Fecha	Lunes 26 Octubre,2015	
Nº Columna	5	
Volumen de Formaleta	0,4 m3	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
14:30-14:52	3	0,37
(30/10)	2	0,26
14:05-14:20		
	1parte	2,78E+00
	2parte	1,30E+00
		4,08

$$HH/m^2 = 4,08E+00$$

ACTIVIDAD:Colado de Columna		
Fecha	Viernes 30 Octubre,2015	
Nº Columna	8	
Volumen de Formaleta	0,4 m3	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
13:47-14:10	3	0,39
(3/11)	2	0,28
16:10-16:26		
	1parte	2,93E+00
	2parte	1,40E+00
		4,33

$$HH/m^2 = 4,33E+00$$

ACTIVIDAD:Desencofrado de Columna		
Fecha	Viernes 21 Octubre,2015	
Nº Columna	1	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
16:26-16:42	2	0,26
-	-	-
		0,26

$$HH/m^2 = 1,32E-01$$

ACTIVIDAD:Desencofrado de Columna		
Fecha	Jueves 22 Octubre,2015	
Nº Columna	3	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
15:26-15:41	3	0,25
(26/11)13:42-13:53	2	0,18
		0,43

$$HH/m^2 = 2,81E-01$$

ACTIVIDAD:Desencofrado de Columna		
Fecha	Miercoles28Octubre,2015	
Nº Columna	5	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
13:50-14:05	2	0,25
15:55-16:14	2	0,31
		0,56

$$HH/m^2 = 2,84E-01$$

ACTIVIDAD:Desencofrado de Columna		
Fecha	Lunes 2 Noviembre,2015	
Nº Columna	8	
Área de Formaleta	3,95 m2	
Tiempo	Personas Trabajando	Horas Hombre
16:32-16:50	2	0,30
(5/11)11:24-11:41	2	0,28
		0,58

$$HH/m^2 = 2,94E-01$$

Apéndice N°4



4.1 Vista aerie del Proyecto Country Day School.



4.2 Confección de la Formaleta



4.3 Armadura en sitio, y preparando para hacer chorrea de placa aislada.



4.4 Placa aislada chorreada, armadura lista para colocar formaleta.



4.5 Colocando formaleta y helados a la armadura.



4.6 Formaleta, plomos y puntales colocados, estructura lista para la chorrea.



4.7 Chorrea de columnas, primera parte.



4.8 Primera parte de columna confeccionada.



4.9 Segunda parte de columnas confeccionada, columna completa.

Anexos

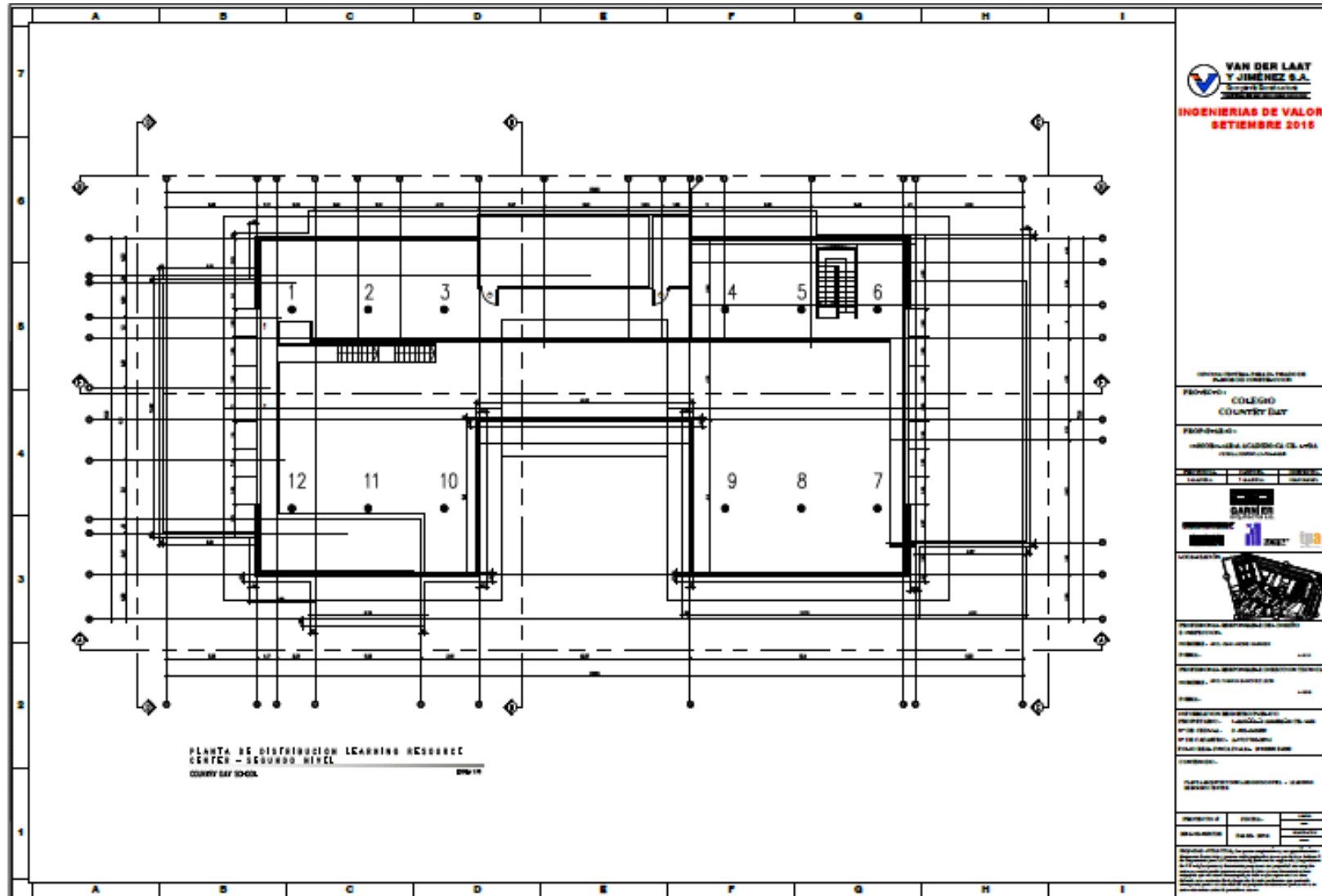
Este documento cuenta con un total de 3 anexos, que se enlistan a continuación.

Anexo N°1. Vista en planta del plano Learning Resource Center (LRC).

Anexo N°2. Distribución en planta del proyecto Country Day School.

Anexo N°3. Frente de trabajo N°4 del proyecto Country Day School.

Anexo N°1



Anexo N°2

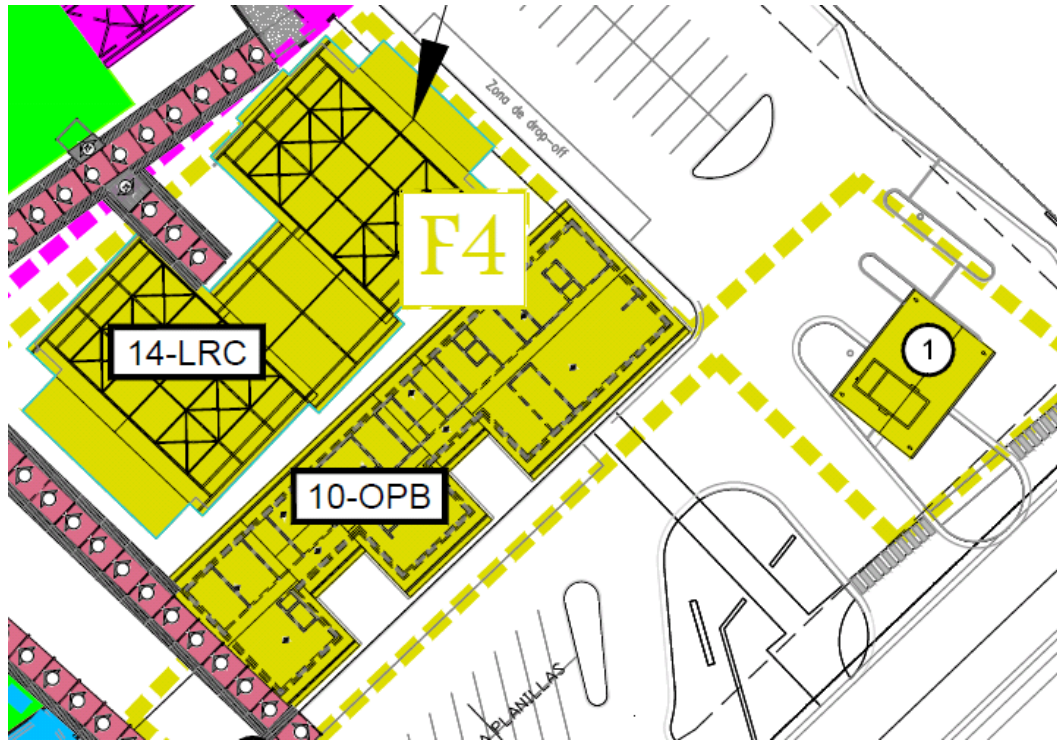
COUNTRY DAY SCHOOL



17 DE SETIEMBRE 2015

Anexo N°3

Análisis del rendimiento y productividad de formaleta cilíndrica prefabricada, utilizadas en la construcción de columnas del Country Day School; San Rafael, Alajuela.



FRETE DE TRABAJO No.4

- AREA:
1 937 m²
- ZONAS:
 - LEARNING RESOURCE (LRC)
 - OPERATION BUILDING (OPB)
 - SECURITY ACCESS
- MAESTRO DE OBRAS:
-Sr. JORGE BARQUERO

Referencias

Alarcón, L; Martínez, L. (1988). *Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción*. **REVISTA DE INGENIERIA EN CONSTRUCCIÓN**. Nº5. Pág.53-79

Alarcón, L. (1994). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. **REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS**. Nº 3.496. Pág. 45- 52. Disponible en http://www.cmic.org/cmhc/presidencia/informes/may04/LEAN_CONSTRUCTION.pdf

Arboleda, S. (2014). **ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD, RENDIMIENTOS Y CONSUMO DE LA MANO DE OBRA EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS, ELEMENTO FUNDAMENTAL EN LA FASE DE PLANEACIÓN**. Maestría en Construcción. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Barrientos, Alejandro. (2007). *Productividad en construcción*. Sistemas de Productividad y Gestión, GEPUC, **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**.

Bolaños, J. (2015). Ingeniero del proyecto. Entrevista Personal.

Botero, L. Fernando (2002). *Análisis de Rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción* .**REVISTA UNIVERSIDAD EAFIT** No. 128

Cantú, Alejandro; Moreno, J; García G. (2009). *Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso*. Facultad de Ingeniería, **UNCuyo CENTRO UNIVERSITARIO**. Argentina.

Construcción Lean. Disponible en <http://www.construccionlean.com/>, consultada en Enero, 2016.

Esquivel, C. (s.f). **PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCION COSTARRICENSE**. Licenciatura en Ingeniería Industrial. ULACIT. San José.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. **OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO**. Ginebra. Suiza. Cuarta edición.

Leandro A.G. (2013). Presentaciones curso Diseño de Procesos. **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**.

Mohammad Y. Al-Alkami; Mohammad S. Ali; Mohammad H Al-Qahtani (2007) *Productivity study on a selected Construction site*. Construction Productivity. (Construction Engineering and Management) **KING FAHAD UNIVERSITY OF PETROLEUM & MINERALS**.

Muñoz U, Flor de María. (2004). **FACTORES QUE FAVORECEN O LIMITAN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA**

EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Proyecto de graduación. Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. San José.

Serpell, A; Verbal, Rodrigo. (1990) *Análisis de operaciones mediante cartas de balance.* **REVISTA DE INGENIERIA EN CONSTRUCCIÓN.** N°9.

Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción.* Alfaomega Grupo Editor, S.A de C. V. Ediciones **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.** Segunda edición.

Paniagua, Ana (2006). **RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN CONSTRUCCIONES DE CASAS DE MADERA.** Proyecto de graduación. Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago.

Pons, Juan Felipe. (2014). *Introducción a Lean Construction.* **FUNDACIÓN LABORES DE LA CONSTRUCCIÓN.** Madrid

Ortiz G, Paniagua. E, Sandoval M (2009). *Costos de Construcción.* **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.**

Salas, J (s.f). *Muestreo de Trabajo.*