

Práctica empresarial como auxiliar de apoyo al residente de obra en el desarrollo de actividades de seguimiento y control del proyecto de construcción Cacique Gold

Robinson Javier Fernández Pérez

Proyecto de Grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Maestría En Ingeniería Estructural

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2021

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme todas las herramientas para que mi proceso de formación académica sea exitoso y permitirme ponerlas a servicio de una empresa como metodología de acercamiento y retroalimentación con el mundo laboral.

A mi asesor, el Ing. Homer Armando Buelvas Moya quien con su conocimiento dominante y apoyo me guio en cada una de las etapas de este proyecto.

A mis padres y hermanas que a lo largo de mi formación académica y personal han sido fundamentales, fuente de motivación y apoyo constante para superarme y entregar siempre lo mejor.

A mi novia, quien estuvo comprometida apoyándome en esta etapa tan importante y crucial como finalización de mi trayectoria académica en pregrado.

Contenido

	Pág.
Introducción	8
1. Objetivos	10
1.1 Objetivo general	10
1.2Objetivos especificos	10
2. Marco Referencial	11
2.1 Construca S.A.	11
2.2 Estructura proyecto Cacique Gold	11
2.3 Seguimiento y Control del proyecto de construcción	12
2.4 Rendimientos de mano de obra	122
3. Desarrollo de las Actividades de Apoyo	144
3.1 Seguimiento a procesos constructivos	144
3.2 Estimaciones de rendimiento en campo	221
3.3 Apoyo a los informes de seguimiento.	30
3.4 Seguimiento del proyecto en los informes.	31
3.5 Rendimientos para la construcción de los informes.	31
3.6 Configuración de las cartillas para los informes.	32
4. Conclusiones	33
Referencias Bibliográficas	35

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Cantidades de acero placa. (Perteneiente anexo 1)	17
Tabla 2. Cantidades de acero pantallas. (Perteneiente anexo 1).....	199
Tabla 3. Rendimientos.....	277
Tabla 4. Valores por fuera del rango (+/-) σ	30

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Acero sobrante en patio.	155
Figura 2. Clasificación de pantallas.	2222
Figura 3. Trabajo a borde de placa.....	23
Figura 4. Armado Formaleta de pantallas	23
Figura 5. Armado acero de pantallas	24
Figura 6. Armado Formaleta de pantallas	25
Figura 7. Vaciado de concreto	266
Figura 8. Nivelado de placa	277
Figura 9. Función densidad de una distribución normal.	299
Figura 10. Distribución Normal	299
Figura 11. Nuevo detalle estribos pantallas	32

Resumen

Título: Práctica empresarial como auxiliar de apoyo al residente de obra en el desarrollo de actividades de seguimiento y control del proyecto de construcción Cacique Gold*

Autor: Robinson Javier Fernández Pérez**

Palabras Clave: Seguimiento y control, proyecto, rendimiento de obra, elementos estructurales, Actividades constructivas.

Descripción

En el mundo de la ejecución de proyectos de construcción, el seguimiento y control en obra de los procesos constructivos a sido identificado como un pilar fundamental, ya que este permite garantizar una correcta ejecución de cada una de las actividades constructivas, permitiendo encontrar y focalizar cualquier tipo de novedad que pueda retrasar o generar algún tipo de impacto negativo en los respectivos cronogramas diseñados por la administración del proyecto, con la identificación de estas novedades se puede crear una acción o plan de respuesta con el fin de eliminar o minimizar estos impactos y así contribuir para que el resultado final sea acorde a las necesidades y funcionalidades para los cuales se ha diseñado inicialmente el proyecto.

En este documento se presentan las evidencias y metodologías de las actividades realizadas durante el desarrollo de la práctica como apoyo al residente de obra en la ejecución técnica del proyecto, con actividades de seguimiento, control y medición de rendimientos de mano de obra de las actividades de construcción de elementos estructurales en concreto reforzado presentes en la torre 1 de apartamentos del proyecto de edificación residencial “CACIQUE GOLD” de la ciudad de Bucaramanga y cuyo promotor es la empresa Construca S.A.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Homer Buelvas

Abstract

Title: Business practice as an assistant to support the construction resident in the development of monitoring and control activities of the Cacique Gold construction project *

Author: Robinson Javier Fernández Pérez **

Keywords: Monitoring and control, project, work performance, structural elements, Construction activities.

Description

In the world of the execution of construction projects, the monitoring and control of construction processes on site has been identified as a fundamental pillar, since this allows to guarantee a correct execution of each one of the construction activities, allowing to find and focus any type of novelty that may delay or generate some type of negative impact on the respective schedules designed by the project administration, with the identification of these novelties an action or response plan can be created in order to eliminate or minimize these impacts and thus contribute so that the final result is in accordance with the needs and functionalities for which the project was initially designed.

This document presents the evidence and methodologies of the activities carried out during the development of the practice as support to the work resident in the technical execution of the project, with activities for monitoring, control and measurement of labor performance of the work activities. construction of structural elements in reinforced concrete present in tower 1 of apartments of the residential building project "CACIQUE GOLD" in the city of Bucaramanga and whose promoter is the company Construca SA

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director Homer Buelvas

Introducción

Construca S.A. es una empresa con 16 años de trayectoria nacional desarrollando proyectos de infraestructura habitacional con el propósito principal de mejorar la calidad de vida de los colombianos, principalmente del departamento de Santander, ofreciendo proyectos de construcción enfocados en edificaciones con diseños innovadores y con los más altos estándares de calidad (Construca S.A., s.f.).

El Conjunto Residencial Cacique Gold es uno de los proyectos en realización por Construca S.A. en consorcio con Constructora Valderrama. Este proyecto de uso residencial se encuentra ubicado en la carrera 33 No 86 – 56 en el Barrio La Pedregosa de la ciudad de Bucaramanga y está conformado por 2 torres de 20 pisos y 6 sótanos, los cuales conjuntamente conforman 308 unidades habitacionales y 12 locales comerciales, además de amplias zonas sociales compuestas por: Piscina sin fin (Adultos), Piscina de niños, Terraza de Piscinas, Zona de Juegos Infantiles, Salón de Juegos, Sauna, turco, Gimnasio, Salón Wi, Cinema, Sala de Negocios y Elegante Lobby.

El proyecto Cacique Gold se construye con métodos constructivos tradicionales donde el contratista tiene a su disposición los equipos de trabajo en altura y para ejecución de actividades en sótanos. Predomina el uso de concreto premezclado, acero de refuerzo y formaleta metálica certificada de Formacol de tamaño 2.40 metros de alto con medidas de ancho desde 20 cm hasta 260 cm. El concreto lo suministra la empresa Clinker y el acero la empresa Diaco.

Con el propósito de garantizar una ejecución del proyecto de construcción Cacique Gold, de altos estándares de calidad, cada residente de obra dedica parte de su tiempo a la revisión de la

calidad de los materiales, procesos constructivos y rendimientos de la mano de obra de cada uno de los frentes de trabajo. Para esto, se contratan ingenieros de apoyo dedicados a estas labores a tiempo completo y generan informes de estado según la revisión continua del residente de obra.

Dentro del desarrollo de la práctica se abordan las actividades como auxiliar de apoyo al residente de obra donde se es partícipe del seguimiento y control de las actividades constructivas con énfasis los procesos pertenecientes a los elementos estructurales de concreto reforzado como las pantallas y placas de la torre 1 de apartamentos residenciales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general.

Realizar actividades de apoyo a la residencia de obra en el seguimiento y control de las actividades para la construcción de elementos estructurales en el proyecto de edificación residencial “CACIQUE GOLD” cuyo promotor es la empresa Construca S.A.

1.2 Objetivos específicos.

Apoyar el seguimiento de actividades de obra en los procesos constructivos con la realización de memorias de cálculo de cantidades del proyecto Cacique Gold.

Estimar los rendimientos de obra actuales de los paquetes de trabajo y entregables estructurales del proyecto constructivo Cacique Gold realizados durante la ejecución de la práctica.

Apoyar la ejecución de informes semanales y mensuales de seguimiento y control al proceso constructivo del proyecto de edificación Cacique Gold. Enfocados en la presentación de resultados de rendimientos de obra actuales para las actividades estructurales de construcción.

2. Marco Referencial

2.1 Construca S.A.

Es una empresa constructora dedicada a mejorar la calidad de vida de sus clientes por medio de viviendas bien planeadas, diseños innovadores y trabajando con los más altos estándares de calidad. Generando empleo, bienestar y fortaleciendo la unión familiar y el espíritu emprendedor por ser una organización rentable y sostenible.

Se rigen bajo una política de calidad enfocada en mantener atentos a innovaciones que permitan realizar viviendas más confortables, de mayor calidad aplicando el mejoramiento continuo de los procesos y con un alto grado de valor social. Por consiguiente, se analiza continuamente nuevos materiales constructivos, productos complementarios, y cualquier tendencia novedosa en la construcción de viviendas, que proporcione una mayor calidad de vida a las familias que confían en la empresa.

2.2 Estructura proyecto Cacique Gold

El sistema estructural planteado para el proyecto Cacique Gold está conformado por una cimentación en pilotes pre-excavados de diámetro 1.00 metro y con una profundidad que oscila entre los 20 y 35 metros, a partir de la parte inferior de las vigas de cimentación; arriostrados en su cabeza por un sistema de vigas y viguetas que conforman una placa de cimentación sobre toda el área del proyecto. El sistema estructural presente combina un sistema de pórticos resistentes a

momentos compuesto con columnas y vigas pos-tensadas presentes en los rodantes vehiculares de los sótanos, y la estructura de las torres con un sistema de muros de carga, con placas echas de concreto pre-esforzado.

2.3 Seguimiento y Control del proyecto de construcción

El seguimiento de obra se basa en la recopilación y análisis de la información generada del proyecto para lograr identificar de forma temprana los riesgos y desviaciones posibles respecto a la programación de la obra. Por su parte el control radica en la verificación de que lo ejecutado se esté realizando acorde a la programación de la obra. Controlar un proyecto no solo se realiza para identificar las desviaciones y tomar una actitud pasiva ante las mismas, sino que la esencia de ese control consiste en indagar las causas que llevaron a que se ocurriera esa desviación y definir las acciones correctivas y preventivas a realizar para eliminar o minimizar sus efectos (Sanz, s.f.).

2.4 Rendimientos de mano de obra

Una de las herramientas metodológicas utilizadas para el seguimiento y control de obra son los rendimientos de actividades. Neely, Gregory, & Platts, definen los rendimientos como el proceso de estimación de la acción, dentro del cual, la medición corresponde al proceso de cuantificación y la acción es la que conduce a resultados. Según (Diez Silva, Pérez Ezcurdia, Pérez Ramos, & Montes Guerra, 2013), medir el rendimiento constituye un procedimiento de captura de datos que puede ser usado para informar y favorecer a los responsables por la toma de decisiones.

Los rendimientos de mano de obra se pueden definir específicamente como la relación de la cantidad de obra por unidad de recurso humano, es decir, cantidad de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad. Todo esto se orienta al cumplimiento de los objetivos de la planificación intermedia (semanal) que lleve al cumplimiento mensual y final acorde a la programación de la obra. La eficiencia en la productividad de la mano de obra, puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible (Botero Botero, 2002).

Para el cálculo de rendimientos se utilizó la ecuación (1) *para* obtener datos en unidades de metros cuadrados sobre horas (m²/h).

$$\text{Rendimiento} = \frac{A \text{ (m}^2\text{)}}{B \text{ (min)}} * \frac{60 \text{ (min)}}{1 \text{ (h)}} \quad (1)$$

Donde:

A: Cantidad de la unidad (metros cuadrados) de la actividad.

B: Cantidad de tiempo o minutos necesarios para ejecutar la actividad.

3. Desarrollo de las Actividades de Apoyo

Durante la ejecución de la presente práctica empresarial se participó en la etapa constructiva relacionada con la estructura de concreto reforzado en la torre 1 de apartamentos del proyecto a partir del nivel +0 del piso 1 hasta el nivel +42 correspondiente al piso 15.

3.1 Seguimiento a procesos constructivos

En el proyecto se realizó un apoyo continuo de diversas actividades como el seguimiento a las actividades constructivas de carácter estructural. Se realizó apoyo al seguimiento en la ejecución de actividades como el armado de acero en elementos de borde, placas, vigas y columnas; donde en conjunto con el ingeniero residente se llevó el control de los procesos constructivos y se le dio el aval de la correcta ejecución de la tarea, dentro de las cuales, resalta la adecuada disposición del acero acorde a lo estipulado en los planos estructurales.

El apoyo en el seguimiento y control se realizó principalmente a actividades referentes a la estructura como todas las etapas de las pantallas y placas postensadas. Entre las actividades se participó ampliamente en la gestión de las adquisiciones de acero, principalmente desarrollando el cálculo de cantidades de acero figurado. Como parte del aporte práctico se organizó en diferentes cartillas de acero los pedidos tanto de la placa (*Tabla 1*) como las pantallas (*Tabla 2*) para cada nivel, generando una mayor organización de las cartillas ya existentes.

Las cartillas posteriormente fueron remitidas a la planta de figurado para así realizar los pedidos del acero acorde a los cronogramas proyectados para la obra (ver anexo A - Despiece acero).

En el proceso de revisión de los pedidos de acero se evidenció una cantidad grande de material sobrante (desorganizado y agrupado) (*Figura 1*), donde después de una organización y conteo de todo ese material el practicante logró inventariar y reutilizar más de 30.000 ganchos y 12.000 estribos que hacían parte de pantallas y placas en construcción y que se estaba subutilizando.

Figura 1.

Acero sobrante en patio.



El acero sobrante en patio que se había acumulado por problemas de pedidos atrasados, problemas logísticos de entregas a causa de la emergencia sanitaria del COVID-19 y el acero sobrante de una torre anterior construida se organizó en sitio y mediante las cartillas de acero, realizando un análisis para posteriormente incorporar ese acero a los requeridos de las futuras cartillas de despieces.

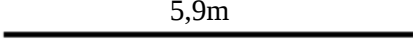
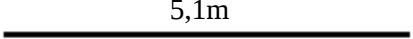
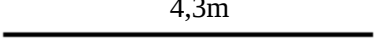
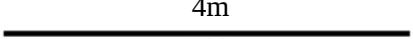
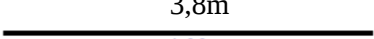
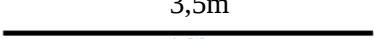
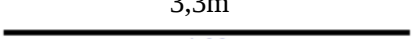
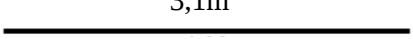
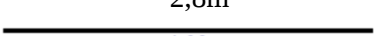
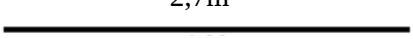
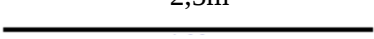
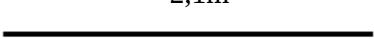
Con las cartillas organizadas, se incorporó todo ese material de manera óptima en conjunto con el ingeniero residente, la propuesta fue remitida al ingeniero calculista, el cual posterior a la revisión dio el visto bueno y aprobación de esa propuesta para así llevar a socializar con el contratista e informar de las adaptaciones del acero a la estructura por venir.

En las cartillas de cantidades de la placa (*Tabla 1*) y cantidades en las pantallas (*Tabla 2*), se tuvo en cuenta varios parámetros de importancia para la revisión del residente y del diseñador previo. Se organiza así:

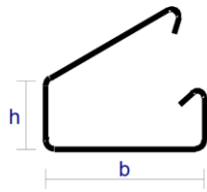
- Diagrama que hace referencia a la forma o figurado que tendrá esa pieza de acero.
- La cantidad de piezas que se tomará de los planos dependiendo de cada nivel.
- La variación del diámetro o número de barra que se necesita para esa pieza que también es tomado de los planos.
- La longitud total de esta pieza.
- El peso correspondiente de cada pieza y de todas las piezas.

Es importante la definición adecuada de los pesos totales para todas las piezas por piso ya que el acero figurado se compra bajo unidades de peso o masa como kg de acero figurado. A continuación, podremos evidenciar la manera como se organizaron las cartillas en las Tablas 1 y 2. La Tabla No. 1 corresponde a los aceros de placa.

Tabla 1.*Cantidades de acero placa. (Pertenece anexo 1)*

PLACA TORRE 1 PISO 3				
CANTIDADES - ACERO				
DIAGRAMA	CANTIDAD	DIAMETRO	LONG. (m)	PESO (Kg)
	30	1/2"	5,9	177
	20	1/2"	5,1	102
	6	1/2"	4,3	25,8
	5	1/2"	4	20
	146	1/2"	3,8	554,8
	25	1/2"	3,5	87,5
	11	1/2"	3,3	36,3
	8	1/2"	3,1	24,8
	104	1/2"	3	312
	6	1/2"	2,8	16,8
	58	1/2"	2,7	156,6
	30	1/2"	2,5	75
	6	1/2"	2,1	12,6

2m	249	1/2"	2	498
1,5m	3	1/2"	1,5	4,5
1,2m	114	1/2"	1,2	136,8
5m	57	3/8"	5	159,6
1,5m	22	3/8"	1,5	18,5



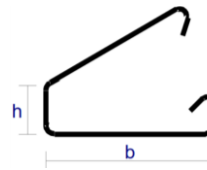
b= 0,35m
h= 0,15m
g= 0,075m

186

1/4"

1,15

53,5



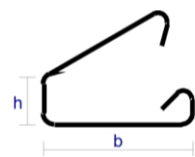
b= 0,35m
h= 0,1m
g= 0,075m

74

1/4"

1,05

19,4



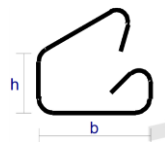
b= 0,25m
h= 0,08m
g= 0,075m

2037

1/4"

0,81

412,5



b= 0,15m
h= 0,08m
g= 0,075m

400

1/4"

0,61

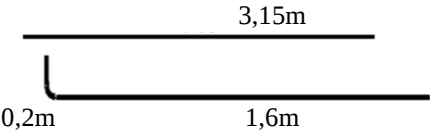
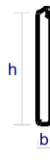
61

Peso Total [Kg]**2965,0**

La Tabla No. 2 corresponde a los aceros de muro o pantalla, en ella se resalta una adecuada organización del acero figurado por parte del practicante para realizar con esta cartera los pedidos a la planta de figurado.

Tabla 2.

Cantidades de acero pantallas. (Pertenece anexo 1)

PANTALLAS TORRE 1 PISO 3					
CANTIDADES - ACERO					
DIAGRAMA	CANTIDAD	DIAMETRO	LONG. (m)	PESO	
	1650	1/2"	3,15	5197,5	
	134	1/2"	1,8	241,2	
	34	3/8"	5,56	104,2	
	136	3/8"	5,06	385,4	
	34	3/8"	4,76	89,5	
	136	3/8"	4,66	350,3	
	68	3/8"	4,66	175,2	
	340	3/8"	4,36	830,1	

	b= 0,15m h= 1,35m g= 0,08m	136	3/8"	3,16	236,1
	b= 0,15m h= 0,95m g= 0,08m	336	3/8"	2,36	432,8
	b= 0,15m h= 0,75m g= 0,08m	336	3/8"	1,96	257,5
	b= 0,2m h= 0,55m g= 0,08m	1120	3/8"	1,66	1041,2
	b= 0,2m h= 0,35m g= 0,08m	112	3/8"	1,26	79
	b= 0,15m h= 0,35m g= 0,08m	90	3/8"	1,16	55,4
	h= 0,2m g= 0,08m	3472	3/8"	0,36	700
	h= 0,15m g= 0,08m	11878	3/8"	0,31	2062,05
	h= 0,1m g= 0,08m	4488	3/8"	0,26	653,4
Peso Total [Kg]					12890,9

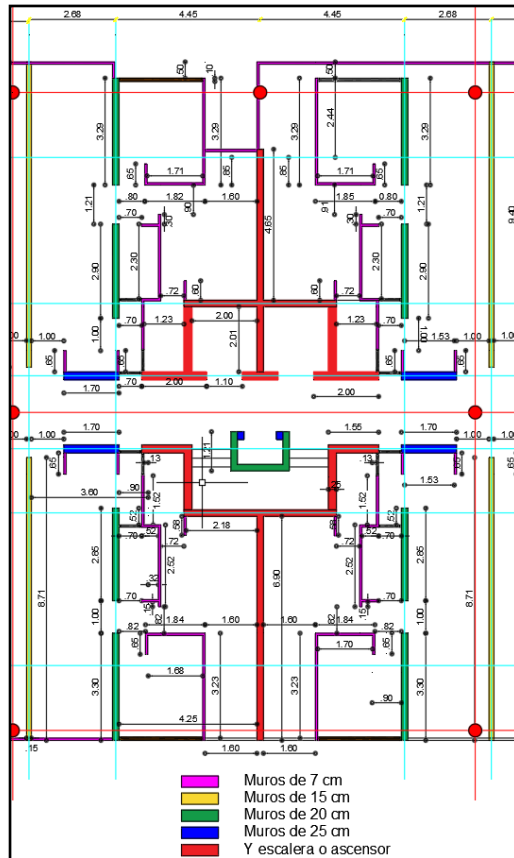
3.2 Estimaciones de rendimiento en campo

Con el propósito de controlar el progreso de obra fue implementada una técnica de medición de rendimientos in situ. El seguimiento por parte del practicante va en conjunto con una recolección de datos correspondientes a los tiempos de ejecución y el tipo de cuadrillas conformadas en diversas de estas actividades estructurales como lo son el armado de acero de los elementos de borde en las pantallas, armado de formaleta en las pantallas y vaciado de concreto en las mismas.

Se dividen los paquetes de trabajo o actividades de ejecución en 3 categorías: muros divisorios de 7 y 10 cm de espesor, muros estructurales de 15, 20 y 25 cm de espesor, y el eje central transversal de la torre en la que se encuentra unas pantallas en forma de tridente y de Y que hacen parte del ascensor y escalera respectivamente como se puede ver en la *Figura 2*, ese eje central se subdividió como otra categoría por el hecho de que posee varias ramificaciones dando mayor complejidad al momento de realizar actividades como la disposición de la formaleta.

Figura 2.

Clasificación de pantallas.



Adicionalmente, una parte del armado del acero se tiene que realizar a borde de placa (ver *figura 3*), sobre los vacíos del ascensor y escalera requiriendo más tiempo y una cuadrilla más grande a diferencia del resto de pantallas presentes en la estructura.

Figura 3.

Trabajo a borde de placa

**Figura 4.**

Armado Formaleta de pantallas



De la ejecución de las actividades estructurales, se registraron los tiempos en la ejecución de la actividad del vaciado de concreto en las placa-pantallas. Estas mediciones no se realizaron para todos los elementos ya que muchas de estas actividades se realizaban en simultaneo por lo

cual se llevaba medición de actividades diferentes cada día. El desarrollo de estas actividades se registró así.

Tiempo de armado de elementos de borde en las pantallas, actividad comprende desde la incorporación de los estribos hasta la finalización de amarre de gancho y malla (*Figura 4*).

Figura 5.

Armado acero de pantallas



El tiempo de armado de formaleta de las pantallas que comprende la instalación total y definitiva de la formaleta en las pantallas (*Figura 5*).

El tiempo de ejecución de fundida de Muros que comprende todo el vaciado y vibrado de las formaletas (*Figura 6*).

Figura 6.

Armado Formaleta de pantallas



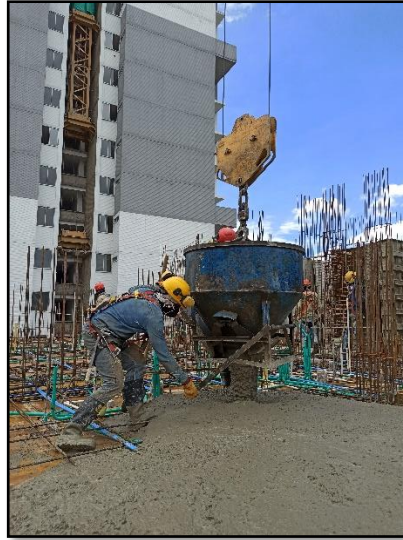
El Tiempo de ejecución de fundida de placa-pantalla que comprende desde el vaciado del concreto (*Figura 7*) hasta el corte final de nivelado de la placa (*Figura 8*).

Rendimientos en Placa-pantalla

El rendimiento de la cuadrilla se mide con el área de placa pantalla que se funde y el tiempo que duro esta actividad en realizarse. Un detalle de esta actividad se puede observar en la *Figura 7* donde se denota el momento exacto de fundida de la placa-pantalla por un mixer.

Figura 7.

Vaciado de concreto



La recopilación de los datos de tiempo de ejecución de los paquetes de trabajo se realizó acorde al anexo B-Rendimientos, donde se puede observar en la *tabla 3* (Rendimientos) que para la actividad de fundida de placa se recopiló la cantidad en metros cuadrados de la tarea realizada (Cantidad), tiempo utilizado para ejecución (tiempos actividad) y la conformación de la cuadrilla que realiza la actividad (trabajadores, oficiales y ayudantes). Con esta información y ya establecida la cantidad de personal requerido en la cuadrilla para la actividad, se calculó su rendimiento en tiempo/metro cuadrado según la *ecuación (1)* mostrada en la sección 2.

Por ejemplo, para la actividad de fundida de placa que comprende 118,7 m² se tomó la cantidad de minutos que le costó a la cuadrilla hacer la actividad, la cual fue de 105 minutos y la cantidad de personas que hacían parte de la cuadrilla (teniendo en cuenta la cantidad de oficiales y de ayudantes en la respectiva cuadrilla) que para esta actividad fue de 5 personas, 3 de ellos

oficiales y los otros 2 ayudantes. El desarrollo de esta actividad comprende desde el vaciado del concreto y nivelación de este como se observa en la Figura 8.

Figura 8.

Nivelado de placa



Tabla 3.

Rendimientos

MOMENTOS MEDIDOS EN OBRA PARA PLACAS POS-TENSADAS						
Cantidad (m²)	Actividad	Minutos actividad	# Trabajadores	Oficiales	Ayudantes	RENDIMIENTO (m²)/h
118,7	fundida placa	105	5	3	2	67,829
210	fundida placa	155	5	3	2	81,290
76	fundida placa	65	5	3	2	70,154
92	fundida placa	70	5	3	2	78,857
121,2	fundida placa	110	5	3	2	66,109
200	fundida placa	155	5	3	2	77,419
79,2	fundida placa	60	5	3	2	79,200
92	fundida placa	70	5	3	2	78,857
85,8	fundida placa	65	5	3	2	79,200
100,2	fundida placa	85	5	3	2	70,729
76	fundida placa	70	5	3	2	65,143
92,3	fundida placa	65	5	3	2	85,200
						74,999

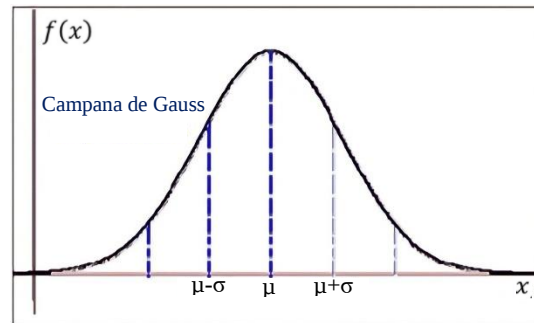
Con datos recopilados referentes al rendimiento, el practicante logra establecer un análisis estadístico de los datos. En la figura 9 encontraremos graficado el análisis de los datos donde contemplamos el cálculo de la distribución normal como base para el análisis estadístico a realizar. Se establece que no se va a realizar un tratamiento de datos o extrapolación de estos, ya que este procedimiento está fuera del alcance del presente documento y se decidió utilizar la distribución normal para obtener un análisis particular del proyecto de construcción.

Después de tener estos datos se pasó a desarrollar la *ecuación (1)* realizando la respectiva división de 118,7 m² en 105 minutos y posteriormente se multiplicó por 60 para hacer la conversión de unidades y pasar de m²/minutos a m²/horas. De esta manera se realizaron los cálculos de los rendimientos para esta y cada una de las actividades anteriormente mencionadas.

La distribución normal fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se la conozca, más comúnmente, como la "campana de Gauss" (Pértegas Díaz & Pita Fernández, 2001). Esta cumple tres propiedades básicas normales que constituyen la base de las técnicas utilizadas en control estadístico de procesos. Como puede observarse en la gráfica de la función de densidad, se comprueba que, en toda distribución normal, en el intervalo: 1. $\mu \pm \sigma$ se encuentra el 68% de la distribución. 2. $\mu \pm 2\sigma$ se encuentra el 95,5% de la distribución. 3. $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra el 99,7% de la distribución (Pértegas Díaz & Pita Fernández, 2001).

Figura 9.

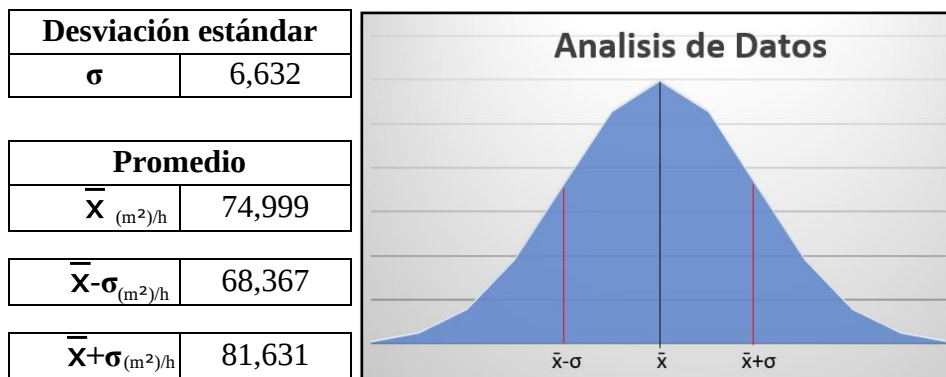
Función densidad de una distribución normal.



Se toman los datos de rendimiento, se calculó la media y la desviación estándar, podemos evidenciar un rango que va desde $\bar{x}-\sigma$ hasta $\bar{x}+\sigma$ indicando que los valores que quedan dentro de ese rango corresponden al 68% (Figura 10) y los que quedan por fuera de los rangos de pueden dar un indicativo de que esos datos pudieron tener influencia de factores externos que ayudaron a retrasar o acelerar la ejecución de esa actividad (ver la Tabla 4).

Figura 10.

Distribución Normal



Taba 11.*Valores por fuera del rango (+/-) σ*

Cantidad (m ²)	Actividad	minutos actividad	RENDIMIENTO (m ²)/h
118,7	fundida placa	105	67,829
210	fundida placa	155	81,290
76	fundida placa	65	70,154
92	fundida placa	70	78,857
121,2	fundida placa	110	66,109
200	fundida placa	155	77,419
79,2	fundida placa	60	79,200
92	fundida placa	70	78,857
85,8	fundida placa	65	79,200
100,2	fundida placa	85	70,729
76	fundida placa	70	65,143
92,3	fundida placa	65	85,200
Promedio			74,999

3.3 Apoyo a los informes de seguimiento.

Se realizó la toma de los tiempos en las diferentes actividades y luego se logró llevar los rendimientos presentes en la obra en dichas actividades y con ello realizar un seguimiento de esto a lo largo de la ejecución de las actividades hasta la culminación de la práctica, brindado información crucial al consorcio y así revisar el adecuado desarrollo de avances respecto a lo proyectado desde la administración del proyecto.

3.4 Seguimiento del proyecto en los informes.

Con las actividades realizadas por el practicante, mencionadas anteriormente, se aportaron datos por medio de informes y actas de obra enfocadas al seguimiento de tiempos y calidad de las actividades programadas, informes que ilustraban y detallaban la calidad de los terminados en las actividades estructurales como armado de aceros y fundidas de elementos como pantallas y placas acompañado de un registro fotográfico. Esta información se fue incorporando para nutrir los informes mensuales de calidad de la estructura, organizados y socializando por parte del ingeniero residente a la ingeniera directora de proyecto y a la mano de obra a cargo de las actividades estructurales de la torre 1 para en conjunto llevar el seguimiento en vista a correcciones y/o mejoras.

3.5 Rendimientos para la construcción de los informes.

Referente a el análisis de los datos recolectados del rendimiento, se revisaron los datos presentes fuera de la desviación estándar tanto por encima como por debajo encontrando una relación que concordó con la hipótesis que planteo el contratista, al haber evidenciado que las fechas en que se generaron los picos de rendimiento tanto positivos como negativos generalmente se presentaron agentes externos, ocasionales y de difícil control como lo puedo ser la demora del concreto, el exceso de vientos fuertes ocasionando dificultad en la maniobrabilidad de la grúa para vaciado del concreto, el clima y las lluvias presentes en medio del desarrollo de las actividades entre otros.

3.6 Configuración de las cartillas para los informes.

Entre los temas referentes a cantidades y como apoyo extra del practicante en el proyecto, bajo la coordinación y supervisión del practicante se realizó un inventario de todo el acero figurado presente en patios, acero sobrante de diversos pedidos tanto de la torre en construcción como de la torre anterior que se ha acumulado bajo diferentes circunstancias como exceso en los pedidos muy antiguos, problemas con la planta en retardo de pedidos, y afectaciones de figurado por la emergencia sanitaria; todas estas actividades anteriores al ingreso del apoyo del practicante.

Posterior a la terminación del inventariado de todo ese acero sobrante, el practicante realizó la incorporación del acero a las cartillas de despieces pertenecientes a niveles aun no construidos con el fin de disminuir considerablemente los desperdicios.

Las variaciones implementadas en el proyecto se basaron en la adecuación de unos estribos de las pantallas con mayor longitud, donde el ingeniero calculista del proyecto implementó unos traslapes extra para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos de borde (*Figura 11*).

Figura 11.

Nuevo detalle estribos pantallas.



4. Conclusiones

El desarrollo de esta práctica empresarial permitió evidenciar que el correcto seguimiento de los procesos constructivos ayuda a una correcta ejecución de las actividades relacionada con los procesos constructivos de elementos estructurales. Esto permite verificar que se ejecute según diseños, sin modificaciones de terceros, solo los permitidos por el ingeniero calculista del consorcio y bajo los controles normativos de procesos y materiales que aseguren su correcta funcionalidad estructural. Para esto, el apoyo en memorias de cantidades a través de cartillas de despiece de acero programadas por el practicante facilita a Construca S.A. el control de pedidos de material y el control de ejecución para alinear a los cronogramas establecidos desde la administración del Proyecto.

El desarrollo de la practica en el proyecto Cacique GOLD logró demostrar que las actividades referentes a los procesos constructivos pueden optimizarse y mejorarse al llevarse un seguimiento de los rendimientos en obra. Esto ayuda a evidenciar la fluctuación de estos rendimientos para actividades cíclicas como el proceso de armado de acero, armado de formaleta y fundida de las pantallas piso a piso encontrando a tiempo las causas o los focos de retraso a lo largo de los diferentes procesos constructivos. Construca S.A. evidencio esta medición de rendimientos como una actividad de control de mano de obra del proyecto

La implementación de registros mediante informes y actas de obra en el desarrollo del seguimiento y supervisión de los procesos constructivos en las actividades estructurales aportan información que nutre significativamente el seguimiento y control, permitiendo evidenciar el progreso que se va llevando en el tiempo respecto a las mejoras y/o novedades que aparecen en

estos procesos, logrando focalizar de manera más precisa y detallada la ejecución que se está llevando a cabo a lo largo de la obra y así facilitar la socialización del avance de los diferentes procesos. Mediante esta práctica se aportó un formato de informe que mezclaba información técnica administrativa con el seguimiento del rendimiento de la mano de obra para el aporte al seguimiento y control del proyecto de construcción Cacique Gold.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, H., & Batanero, C. (s.f.). Dificultades de Comprensión de la Aproximación Normal a la Distribución. *Ideas y Recursos para el Aula*, UNIANDES(<http://funes.uniandes.edu.co/3476/1/Alvarado2007DificultadesNumeros67.pdf>).
- Botero Botero, L. F. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Universidad EAFIT*, 11.
- Construca S.A. (s.f.). *Pagina Principal*. Obtenido de <http://www.construcasa.com.co/>: <http://www.construcasa.com.co/index.html#about>
- Diez Silva, H. M., Pérez Ezcurdia, M. A., Pérez Ramos, F. N., & Montes Guerra, M. I. (2013). Medición del desempeño y éxito en la dirección de proyectos: perspectiva del manager público. *Revista EAN*, 73,, 62. <https://doi.org/10.21158/01208160.n73.2012.5>.
- Pérez Cervantes, J. C. (08 de 03 de 2004). *Bibliotecas UDLAP*. Obtenido de Colección de Tesis Digitales universidad de las americas de puebla capitulo 3: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/
- Pértegas Díaz, S., & Pita Fernández, S. (10 de 12 de 2001). *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56695193/_0_CurvaNormal_Pita_1_1.pdf?1527721026=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_La_distribucion_normal_La.pdf&Expires=1610372867&Signature=J0INt2pVIt~Xz27z4fxVMqh1ypMcvjbQoxE3Ysqm5HnAF
- Sanz, E. (s.f.). *Consultores documentales*. Obtenido de <https://sorprendemos.com/consultoresdocumentales/?p=507>