



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**EVALUACIÓN DE FACTORES DE TIPO LOGÍSTICO,
INFLUYENTES EN EL RENDIMIENTO DEL
PROCESO DE IZAJE DE COLUMNAS EN CENTRO
LOGÍSTICO INDUSTRIAL DEL NORTE**

Autor

David Arcila Flórez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento (Escuela, etc.)

Ciudad, Colombia

Año



Evaluación de factores de tipo logístico, influyentes en el rendimiento del proceso de izaje de columnas en el Centro Logístico Industrial del Norte.

David Arcila Flórez

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero civil.

Asesores:

Interno y externo respectivamente

Juan Carlos Guzmán Martínez, Ingeniero Civil
Guillermo Augusto Roder Chaparro, Ingeniero Civil

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.
Medellín, Colombia
2019.

RESUMEN

En el proceso de izajes, se presentan múltiples factores logísticos que pueden afectar el rendimiento. Existen actividades críticas que determinan tiempos bastante importantes en dicho proceso, por consiguiente, se evalúan algunos de ellos. Se presentan algunas dificultades con el alineamiento y se logra reconocer que justo en tal actividad se presentan retrasos considerables a la hora de izar tales elementos. Se encuentra propone entonces un conjunto de soluciones que contribuyan al óptimo alineamiento de la columna y algunas otras modificaciones logísticas de actividades secundarias (no tan críticas).

Ahora, no se cuenta con la certeza de que tales cambios logísticos otorgarán un incremento en el rendimiento del proceso, sin embargo, se presenta un decremento del rendimiento en los primeros meses de prueba y se da un posterior incremento hasta llegar nuevamente al rendimiento inicialmente establecido. Seguido a ello, se logra notar una consecuencia de toda la actividad, concerniente a una disminución del costo económico en el proceso. Partiendo desde las actividades antecedentes al izaje de columnas se logra llegar a un punto de inflexión, en el cual se logra observar que, desde la fabricación de los dados de fundación, se pueden implementar algunos cambios que contribuyan a la integridad económica y temporal del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Colombia como país en desarrollo, se ha interesado por implementar nuevas tecnologías y metodologías en las actividades y procesos que involucran el crecimiento social y económico de la población. Para explicar tal desarrollo, cabe mencionar la aparición de nueva infraestructura en cuanto a proyectos de obras civiles, que beneficia poblaciones aledañas a una zona determinada. Para ser más precisos, se ejemplifica un proyecto desarrollado en el municipio de Girardota, Antioquia; el cual consiste en la construcción de un centro logístico que consta de 73 bodegas distribuidas entre industriales y logísticas, un hotel, una estación de servicio (Terpel) y un Centro Diagnóstico Automotriz (CDA); tal proyecto es llamado Centro Logístico Industrial del Norte (CLIN).

El principal propósito del informe es evaluar la influencia de factores logísticos en cuanto al rendimiento del frente de izajes, específicamente para elementos de tipo columna. Es importante resaltar que el análisis de todos los resultados, se realizará a partir de los datos recolectados en 6 meses de práctica académica, lo que limita los resultados a una porción de todo el avance del proyecto.

La realización de tal evaluación resulta ser importante para la ingeniería civil en Colombia, dado que da a conocer aspectos a mejorar, en términos de metodologías que apenas se comienzan a implementar en el país, por lo que podría llegar a reducir tiempos y costos en futuros escenarios en los que se presente esta misma metodología constructiva.

Cabe mencionar también, que la problemática presente en el frente de izaje, en lo que respecta al montaje de la estructura de tipo columna, converge al reproceso de algunas actividades por falta de coordinación logística, lo que conlleva a tratar de manejar ciertas situaciones a través de algunas implementaciones logísticas, con el fin de evitar tales reprocesos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de los factores logísticos en el rendimiento del izaje de elementos de tipo columna en el Centro Logístico Industrial del Norte (CLIN).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los parámetros técnicos que afectan el rendimiento en el izaje de elementos de tipo columna.
- Identificar estrategias para la optimización de los procesos logísticos que representan fases críticas en el proceso de izaje de columnas.
- Determinar la efectividad de los procesos inicialmente establecidos para el izaje de columnas.
- Evaluar la variación en el rendimiento de izaje de columnas, en terminos temporales y económicos.

• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entrando al caso específico del frente de izajes, se presentó un rendimiento determinado para el montaje de la estructura de tipo columna en promedio de 6 columnas por día según los registros del año 2017 y 2018 respectivamente, sin embargo, al iniciar la práctica (Enero 2019), se comenzó con un rendimiento promedio de 4 columnas por día, luego, al revisar las actividades de las cuáles depende, se tuvo que algunos de los procesos que se presentan algunas discrepancias en el alineamiento horizontal de los dados de fundación sobre los cuales se apoyan las columnas con respecto a las dimensiones que presenta el plano. Tales errores se lograron detectar con la comisión de topografía e incidían de manera tal que el dado debía ser canchado con martillo mecánico para realizar la correcta inserción de la columna. El alineamiento debería quedar de manera tal que las columnas estuvieran separadas de forma simétrica y paralelas entre sí, como lo muestra la figura 1.

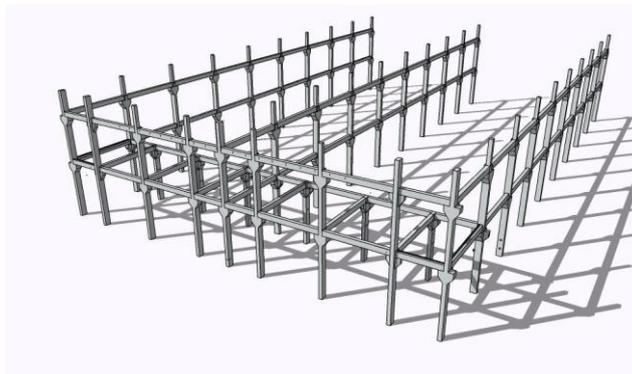


Figura 1. Representación tridimensional de estructura tipo columna para dos bodegas.

Fuera de lo anteriormente mencionado, algunas de las problemáticas que se presentaban fueron las siguientes:

- Cuando se realizaba el vaciado de los dados de cimentación, era necesario insertar una canasta como formaleta del hueco en el cual iba embebida la columna, sin embargo, al realizar el vaciado, tal canasta era desplazada algunos centímetros por el concreto.





Figura 2. Etapas del vaciado y preparación de un dado de fundación, previas al izaje.

- Cuando se realizaba el procedimiento de izaje, en el trazado de los ejes en las columnas, se observaban algunas inconsistencias entre el eje del dado y el eje de columna, por lo que fue necesario hacer un chequeo un poco más riguroso de la geometría tanto del dado, como de la columna y se encontró que una de las caras de la columna es de mayor dimensión que la otra, por lo que se realizó un análisis en las bisectrices de ambas geometrías para distribuir el error en todas las caras y evitar pérdidas de tiempo por un dilema que no se había solucionado. La figura 2 representa con mayor claridad la inconsistencia geométrica que se mencionó anteriormente.



VISTA EN PLANTA DE INTERACCIÓN
DADO - COLUMNA

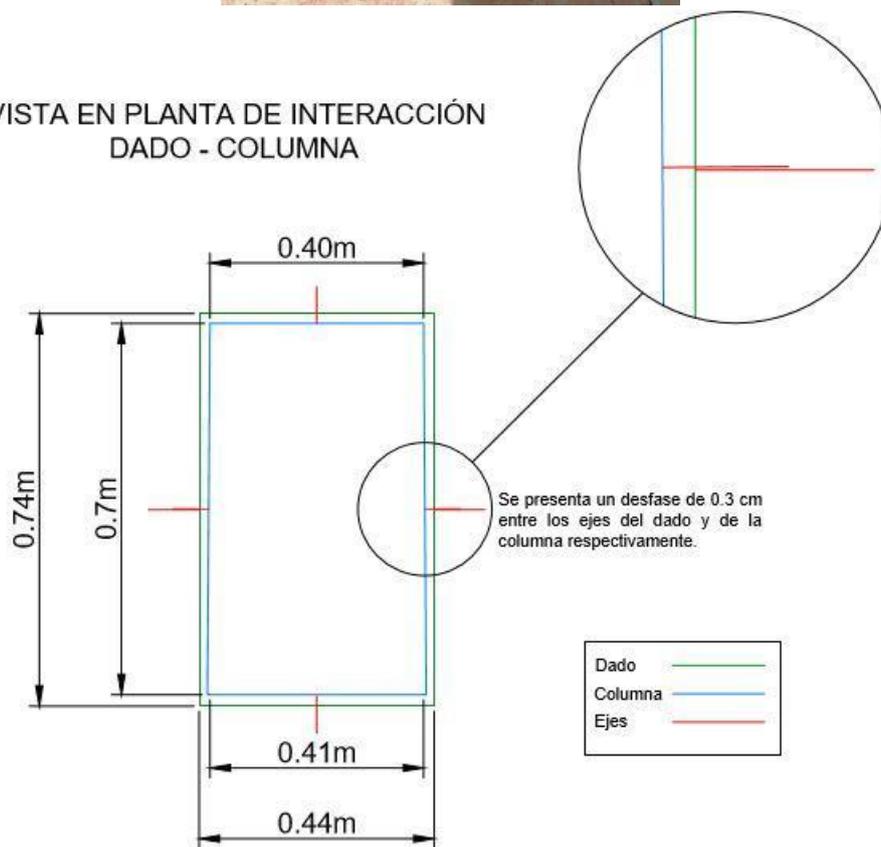


Figura 3. Discrepancia entre ejes dado - columna

- La metodología que se utilizaba en ocasiones en el alineamiento de la columna era poco eficiente, dado que se tomaba demasiado tiempo aplomar la columna con las maniobras de la grúa. Los retrasos llegaban a ser incluso de hasta 20 o 30 minutos por columna.



Figura 4. Aplome de columna mediante maniobras de grúa.

- En ocasiones, después de embebidas las columnas en los dados, era necesario hacer espera de la llegada de cuñas o de grouting para el vaciado del mismo en el dado, esto se daba en vista de que el suministro no era suficiente para suplir la cantidad de columnas izadas.



Figura 5. Fotografías de grouting Masterflow 928 y cuñas respectivamente

- En tiempos de invierno, los dados cuyas columnas ya estaban izadas pero no habían sido vaciados, se llenaban de agua y la metodología de evacuación de ésta se tornaba difícil, puesto que se realizaba con espuma y una varilla delgada. La figura 5 muestra un caso excepcional, en el que por temas de filtración, fue necesario sacar la columna de nuevo, sin embargo, se puede observar la cantidad de agua que posee el dado.



Figura 6. Dado con filtración.

- Algunos inconvenientes en cuanto a los retrasos, es que cuando se realiza el izaje, se introduce un eje en la parte superior de la columna y en múltiples ocasiones, este se deflectaba, lo que generaba cierta dificultad para sacarlo posteriormente, teniendo así, retrasos hasta de 1 o dos horas.



Figura 7. Eje insertado en la ménsula superior de la columna.

Después de toda la descripción anterior, lo que principalmente se buscó, fue realizar algunas implementaciones logísticas en los procesos y de acuerdo a ello, tomar estados de costos y hacer un estudio de tiempos mediante un registro de los izajes que se realizaban cada día, para comprobar el avance y la efectividad que podían tener estos cambios. Todo esto mediante la descripción de un conjunto de actividades que se describieron en la metodología desarrollada.

MARCO TEÓRICO

LOCALIZACIÓN

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Girardota, Antioquia, en la vereda La Matica parte baja. Éste limita de la siguiente forma:

- Al norte con lote Los Búcaros
- Al sur con estación de servicio Zeuss
- Al este con el río Aburrá
- Al oeste con la autopista que conduce al municipio de Barbosa

ASPECTOS GENERALES

La fase del proyecto correspondiente al conjunto de bodegas, consta de 5 unidades constructivas, como se muestra en la figura 1. Hasta mediados del año 2019 solamente se lleva avance de los bloques 1, 2, 3 y 4.

El avance del proyecto depende de múltiples factores que describen una serie de actividades codependientes y dependientes. Dentro de las múltiples actividades, es necesario mencionar a grosso modo los diferentes frentes de los cuales se alimenta todo el sistema constructivo de las bodegas, con el fin de comprender algunas actividades en la obra.

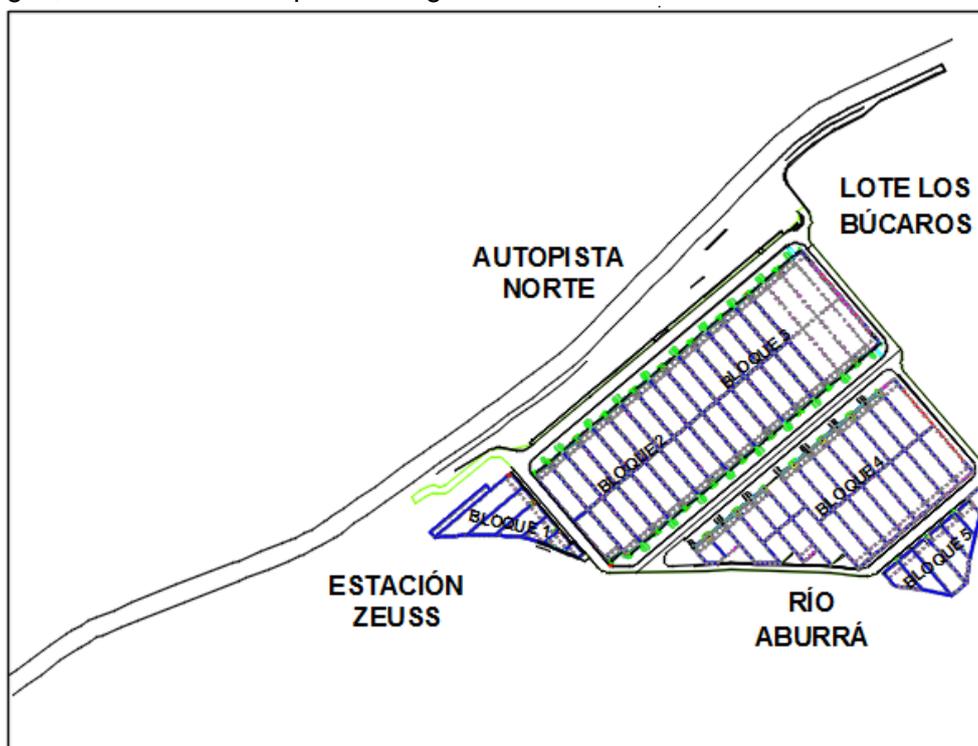


Figura 8. Localización del proyecto

Para ser más precisos, los frentes de trabajo que se presentan en la obra son:

- **Frente de hierros y aceros:** Está encargado de realizar la figuración y el armado de todos los refuerzos que presentarán los elementos vaciados en concreto.

- **Frente de tuberías:** Es el frente encargado de instalar las redes hidrosanitarias del proyecto, lo que comprende aguas lluvias, aguas residuales, aguas industriales, entre otros.
- **Frente de movimiento de tierras:** Está encargado de garantizar el acceso a todos los puntos de la obra, juega un papel fundamental en el proyecto, dado que de este frente depende el estado de las vías internas del proyecto, el acceso a las bodegas, lo que significa que casi todos los demás frentes son dependientes de sus actividades.
- **Frente de cimentaciones:** Frente encargado de la perforación y vaciado de la subestructura que soporta el proyecto, tanto en las bodegas como en el CDA, el hotel y la estación de servicio.
- **Frente de pisos:** Frente encargado de la nivelación de base y subbase granular dentro de las bodegas, para posteriormente realizar vaciado de piso con acabado. El vaciado de pisos es llevado a cabo por una empresa contratista.
- **Frente de techos:** Frente encargado del ensamble, pintura e instalación de los techos (valga la redundancia) para cada una de las bodegas. Este frente es manejado por una empresa contratista.
- **Frente de prefabricados:** Frente encargado del control y fabricación de cada uno de los elementos que componen la superestructura, sean elementos de tipo columna, viga, muro o lagrimal. Este frente traza una ruta crítica en el montaje de la estructura, puesto que es una actividad de la cual depende el frente de izajes.
- **Frente de mezanines:** Se encarga del armado y vaciado de las losas que soportan las oficinas que vienen incluidas en las bodegas; van muy de la mano con el frente de aceros, puesto que la metodología constructiva es con steel deck y vigas IPE como soporte.
- **Frente de izajes:** Frente encargado del montaje de toda la superestructura en concreto; este traza una ruta crítica en el proyecto, puesto que de sus actividades depende la entrega de las bodegas a los clientes. Este frente es dependiente de los frentes de aceros y prefabricados y de éste depende la instalación de pisos, techos y tuberías.

La figura 9. presenta la dependencia de algunos frentes con respecto a los demás, siendo en este caso, la punta de la flecha el frente dependiente y la cola de la flecha, el frente del cual depende.

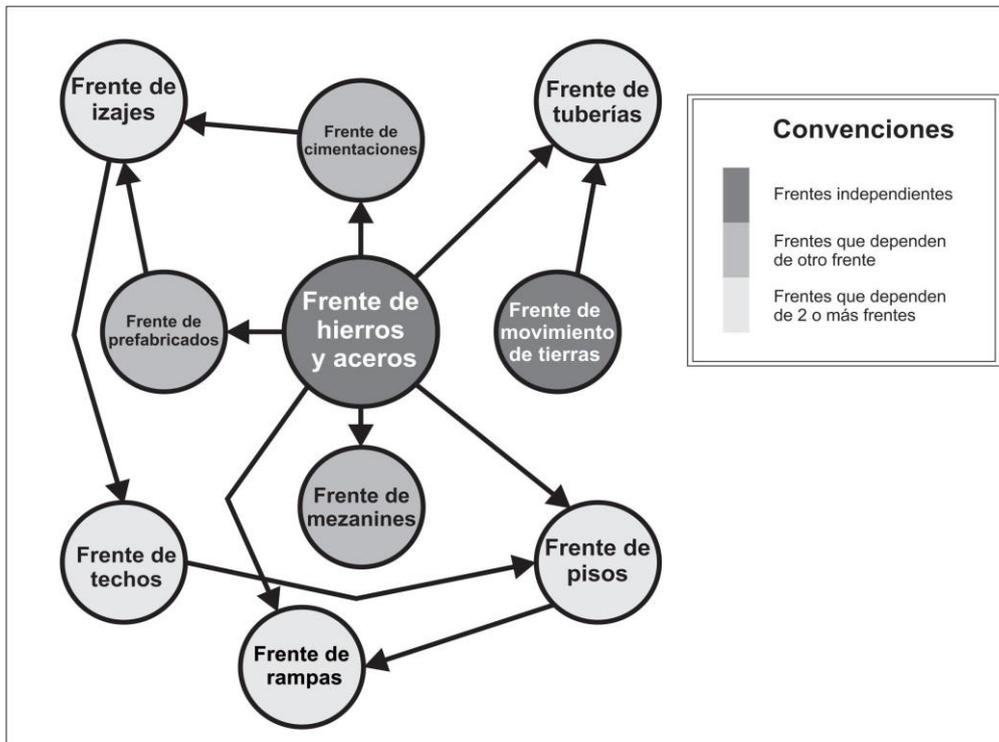


Figura 9. Descripción gráfica de codependencias entre los diferentes frentes de obra.

Antes de realizar una descripción más rigurosa, es preciso aclarar que el alcance del informe sólo comprende la estructura perteneciente a las bodegas industriales y logísticas; seguido a ello, tal estructura consiste en el montaje de una serie de elementos prefabricados en sitio, a través de grúas telescópicas y conectados mediante soldadura.

Ahora bien, será necesario mencionar algunas definiciones que fueron de gran utilidad en el desarrollo de las actividades.

CUADRILLA: Se define como un conjunto de personas que forman un equipo de trabajo, en el cual cada uno desempeña un rol diferente. Por lo regular las cuadrillas cuentan con personal como oficiales de obra, ayudantes de obra entendidos y ayudantes de obra rasos; tal equipo se encarga de desarrollar una labor delegada por los altos rangos del proyecto.

DADO DE CIMENTACIÓN: Cimentación de tipo superficial construida en concreto reforzado, con forma generalmente cúbica o de paralelepípedo.

VIGA DE CIMENTACIÓN: Elemento en concreto reforzado que trabaja a la flexión, cuya función principal es mantener unidas las columnas; en este caso, los dados de cimentación en los cuáles están embebidas las columnas.

COLUMNA: Elemento estructural construido para soportar principalmente esfuerzos de flexo-compresión, estos elementos pueden ser de tipo metálico o en concreto reforzado, en este caso se trabaja elementos construidos en concreto reforzado.

GRÚA: “Máquina destinada a subir y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho”. (5)

GROUT: Se trata de un mortero que no presenta algún tipo de contracción, generalmente es de alta resistencia y se usa para la colocación de elementos bajo estructuras y maquinaria. (6)

RENDIMIENTO: Se define como la cantidad de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operadores de diferente especialidad. (1)

IZAJE: Consiste en el movimiento o instalación de elementos generalmente pesados mediante equipos tales como grúas, con el fin de agilizar la ejecución de algunos procesos. (2)

ESTUDIO DE TIEMPOS: Se trata de una técnica empleada para registrar el ritmo de trabajo de una actividad determinada, con el fin de llevar un seguimiento riguroso de los rendimientos que se dan de forma consecutiva o de forma cíclica. (3)

ESTADO DE COSTOS: “Es el estado financiero que muestra la integración y cuantificación de la materia prima, mano de obra y gastos indirectos que nos ayuda a valorar la producción terminada y transformada para conocer el costo de su fabricación” (4)

Adicional a las definiciones anteriormente mencionadas, se plantea el procedimiento a seguir en el izaje de un elemento tipo columna.

1. Inicialmente se realiza un vaciado de dados de cimentación, los cuales están soportados por pilas de aproximadamente 10 m de profundidad y unidos mediante vigas de fundación. Tales dados poseen un hueco cúbico de aproximadamente 0.3 m³ con el fin de que la columna quede embebida allí.
2. Se le pide a la comisión de topografía que haga un recorrido por todos los dados y marque los ejes de referencia para el alineamiento de la columna (horizontal y verticalmente).
3. Uno de los ayudantes del frente de izajes rectifica que el hueco si tenga las distancias pertinentes para que la columna entre en el dado de forma que pueda ser alineado correctamente.
4. En caso de que una o varias paredes del hueco estén un poco estrechas por errores de fabricación, se procede a canchar el dado con martillo mecánico. hasta alcanzar la apertura correcta del hueco.
5. Se verifican las condiciones de acceso al sitio donde se realizará el izaje, esto consiste en chequear si las condiciones del suelo son óptimas para el ingreso de la grúa y la tractomula que transporta el elemento.
6. Se dispone de los elementos necesarios para el vaciado de mezcla que fijará la columna en el dado (MasterFlow 928 Grout); tales elementos son extensiones, mezclador industrial, tanque con agua (400 lt), palustre, cantidad necesaria de grouting para vaciado de dados (aproximadamente 5 bultos de 30 kg/ dado), cuñas de madera, almadana.
7. Se lleva la maquinaria anteriormente mencionada al sitio y se ubica de manera tal que la distancia del izaje no sobrepase el 80% de la capacidad admisible de la grúa y las

condiciones de humedad del suelo no influyan de forma significativa en la capacidad portante de éste.

8. Se procede a realizar el anclaje de la grúa con ayuda del aparejador.
9. Se realiza el descargue del elemento de la tractomula y se amarran unos collares con unos tensores en la parte superior de la columna; adicional a eso, se marcan ejes a centro de columna en la parte inferior y superior de la columna y punto de referencia vertical (niveleta), con el fin de poder tomar niveles de forma correcta.
10. Se procede a realizar el izaje de la columna, lo que conlleva limpieza del dado, limpieza de la columna, marcación de ejes a centro en las cuatro caras de la columna, a 1m y 12.5m de altura respectiva y posteriormente el despeje del área por parte de la cuadrilla.
11. Posteriormente se procede a realizar el alineamiento del elemento con ayuda de la topografía y los tensores instalados previamente.
12. Una vez chequeado el alineamiento, se procede a realizar el vaciado del grouting y se toma un registro de la cantidad de grouting vaciado, fecha de vaciado de la columna, fecha de izaje y caras canchadas en el dado.
13. Finalmente se repite el proceso anterior las veces necesarias y se toma un registro diario de cuantas columnas fueron izadas y vaciadas. Posteriormente se evalúa y se compara la influencia de los tiempos de cada una de las actividades en el rendimiento promedio del frente y a su vez, la variación en los costos que éste puede generar en el proyecto.

METODOLOGÍA

Una vez identificadas las actividades que generaban retrasos y por consiguiente disminución del rendimiento en el izaje de columna, se propuso lo siguiente:

1. Se propuso transportar al sitio del izaje todo el material completo del eje antes de comenzar con la operación.
2. Implementar a la hora del vaciado de dados de cimentación, separadores de 15 cm que preservaran el recubrimiento exigido por la norma (7 cm), y adicional a ello, restringir los grados de libertad de la canasta que se introduce como formaleta, con el fin de que a la hora de vaciar el concreto, no hayan errores en la alineación de los huecos por temas de fabricación.



Figura 10. Separador plástico de 15 cm de diámetro.

3. En vista de que se perdía tiempo considerable tratando de corregir el error que había entre el alineamiento de ejes, se optó por distribuir el error a ambos lados de la columna con el fin de agilizar el proceso, esto es, darle una diferencia de 0.1 cm a todos los lados de la columna, de forma que el error que ahora se presentaba se consideraba despreciable.
4. En el caso del alineamiento con la maniobrabilidad con la grúa, se propuso retomar la forma de aplomar la columna mediante tensores.



Figura 11. Aplome de columna mediante tensores

5. Para resolver el tema del suministro de material en cuanto a cuñas y grouting, se pactó con el ingeniero residente, hacer un pedido periódico más grande, que lograra dar abasto con el rendimiento de columnas que se quería montar diariamente.

6. En el tema de la evacuación del agua en los dados se trató mediante el uso de manguera de niveles; se llenaba la manguera de agua y posteriormente se insertaba en el dado y en el otro extremo, se colocaba a una altura menor a la del nivel del agua.
7. Por último, se propuso hacer una adecuación en el sistema de conexión, de manera que los cables quedaran justo en la cara de la columna para evitar deflexiones en el eje, tal como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Implementación de seguro tubular en el eje de ménsula.

A partir de todos estos cambios logísticos, se realizó un registro diario de la cantidad de columnas izadas, para revisar paulatinamente si tales cambios realmente eran considerablemente efectivos.

Ahora, para realizar el balance económico y temporal, es necesario definir un conjunto de actividades que corresponden a todo el procedimiento de izaje de un elemento de tipo columna.

Adicional a lo anterior, la siguiente figura exhibe de manera más detallada la evaluación de costos de actividades con respecto a sus costos y sus beneficios.

#	ACTIVIDAD	TIEMPO INICIAL ESTIMADO	COSTO INICIAL ESTIMADO
1	Excavación, armado y vaciado de pilas (10 m de profundidad aproximadamente), dados y vigas de fundación	20 días	\$8.844.541
2	Armado y vaciado de columnas	7 días	\$3.022.812
3	Localización de columnas a izar	10 minutos	\$202.142
4	Evaluación de las condiciones de humedad del suelo	8 horas	\$161.714
5	Cargue de columnas en tracto mula		
6	Transporte de columnas al sitio (grúa + mula)		
7	Descargue de columnas en sitio		
8	Transporte de herramienta menor al sitio	20 minutos	\$0
8	Canchada de dado	1 hora	\$0
9	Transporte de man lift al sitio	30 minutos	\$0
10	Cambio de sistema de izaje (palomier)	5 minutos	\$101.071
11	Armado de collares en la ménsula superior de la columna	minutos	\$202.142
12	Limpieza del hueco	10 minutos	
13	Marcación de ejes en la columna (topógrafos)	minutos	
14	Levantamiento de la columna	minutos	\$303.213
15	Limpieza de la columna	15 minutos	
16	Inserción de la columna y alineamiento de ejes entre dado y columna	minutos	
17	Áplome aproximado con la grúa	10 minutos	\$202.142
18	Rectificación y corrección del plomo de la columna con topografía y tensores	15 minutos	\$303.213
19	Vaciado de Master Flow 928 grout	20 minutos	\$789.284
20	Fraguado del grouting Master Flow 928	24 horas	\$485.141
21	Sacado de las cuñas	15 minutos	\$303.213

Figura 15. Listado de actividades vs costos iniciales.

ACTIVIDAD	TIEMPO INICIAL ESTIMADO	DSO INICIAL ESTIMADO	#	ACTIVIDAD	TIEMPO INICIAL ESTIMADO
Excavación, armado y vaciado de pilas (10 m de profundidad aproximadamente)	20 días	\$8,044,541	1	Excavación, armado y vaciado de pilas (10 m de profundidad aproximadamente)	20 días
Armado y vaciado de columnas	7 días	\$3,022,812	2	Armado y vaciado de columnas	7 días
Localización de columnas a izar	10 minutos	\$202,142	3	Localización de columnas a izar	10 minutos
Evaluación de las condiciones de humedad del suelo			4	Evaluación de las condiciones de humedad del suelo	
Cargue de columnas en tracto mula			5	Cargue de columnas en tracto mula	
Transporte de columnas al sitio (grúa + mula)	8 horas	\$161,714	6	Transporte de columnas al sitio (grúa + mula)	8 horas
Descargue de columnas en sitio			7	Descargue de columnas en sitio	
Transporte de herramienta menor al sitio	20 minutos	\$404,284	8	Transporte de herramienta menor al sitio	
Canchado de dado	1 hora	\$122,351	9	Transporte de man lit al sitio (permanente durante tiempo de izaje)	
Transporte de man lit al sitio	30 minutos	\$606,426	9	Cambio de sistema de izaje (palomier)	5 minutos
Cambio de sistema de izaje (palomier)	5 minutos	\$101,071	10	Armado de collares en la ménsula superior de la columna	
Armado de collares en la ménsula superior de la columna			11	Limpieza del hueco	10 minutos
Limpieza del hueco	10 minutos	\$202,142	12	Marcación de ejes en la columna (topógrafos)	
Marcación de ejes en la columna (topógrafos)			13	Levantamiento de la columna	
Levantamiento de la columna			14	Limpieza de la columna	15 minutos
Limpieza de la columna	15 minutos	\$303,213	15	Inserción de la columna y alineamiento de ejes entre dado y columna	
Inserción de la columna y alineamiento de ejes entre dado y columna			16	Aplome aproximado con la grúa	10 minutos
Aplome aproximado con la grúa	10 minutos	\$202,142	17	Rectificación y conexión del plomo de la columna con topografía y tensores	15 minutos
Rectificación y conexión del plomo de la columna con topografía y tensores	15 minutos	\$303,213	18	Vaciado de Master Flow 928 grout	20 minutos
Vaciado de Master Flow 928 grout	20 minutos	\$783,284	19	Fraguado del grouting Master Flow 928	24 horas
Fraguado del grouting Master Flow 928	24 horas	\$485,141	20	Sacado de las coifas	15 minutos
Sacado de las coifas	15 minutos	\$303,213			
Costo inicial de izaje de una columna	2,8 horas			Costo final de izaje de una columna	1,3 horas
Costo inicial de izaje de una columna	\$4,946,491			Costo final de izaje de una columna	\$1,988,064
CONVENCIONES			Diferencia de tiempo		
Actividades de precedentes al izaje			15 horas		
Actividades propias del izaje de columnas			Porcentaje de tiempo ahorrado		
Traspaso de actividades #1			45%		
Traspaso de actividades #2			Diferencia en costos		
Traspaso de actividades #3			\$3,157,416		
			Porcentaje de costos ahorrados		
			63%		

Figura 16. Tablas de evaluación económico-temporal de las actividades.

Cabe aclarar que las tablas anteriormente ilustradas, pueden ser encontradas en el anexo del presente documento.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Según el balance de tiempos que se realizó en el estudio de tiempos, se presenta una reducción de tiempo del 45% con respecto al tiempo inicial de la práctica, puesto que resultaba más efectivo realizar el transporte de todo el material al sitio del izaje, esto por el hecho de que paralelo al transporte del material, se podían adelantar algunas actividades de tipo logístico como la marcación de los ejes en las columnas, el canchado de dados en el caso inicial que se requería hacerlo.

Tiempo promedio inicial de izaje de una columna	2,8 horas	Tiempo promedio final de izaje de una columna	1,3 horas
-------------------------------------------------	-----------	-----------------------------------------------	-----------

Cuando se realiza el análisis de rendimiento del frente, se tiene que este aumentó en un 65% con respecto al rendimiento inicial, esto significa, que mientras antes se lograba realizar el izaje de 12 columnas en 3 días, ahora, se logra realizar el izaje de la misma cantidad de columnas en tan solo 2 días.

- Otra de las observaciones que se logró identificar, es que algunos procesos son un poco más engorrosos, pero ahorran más tiempo, este es el caso de colocar el collar con los tensores y posteriormente soltarlo, sin embargo, es un pequeño cambio que implica cambios notorios en el proceso de izaje.
- La alineación horizontal correcta, trajo también como consecuencia que los muros que se montaran en las columnas, no presentaran problemas de tolerancias y rozamiento con el fuste de la columna.

- La propuesta inicial de eliminar el proceso de los collares, resultó ser contraproducente, puesto que se tornaba más difícil realizar el aplome de la columna mediante la grúa; aparte de que se da un mejor uso al funcionamiento mecánico de la grúa.
- Se logró mantener un rendimiento relativamente estable en tiempos de invierno, puesto que la evacuación del agua en los dados mediante la nueva metodología, compensaba el retraso del rendimiento que se presentaba por la variación en la capacidad portante del suelo.
- En cuanto a la propuesta de los separadores de 15 cm en el vaciado de los dados de cimentación, resultó ser efectivo, por consiguiente, los dados que se vacian a partir del mes de abril no necesitan ser canchados y la reducción aproximada de bultos de grouting usado es de 3 bultos menos, correspondiente al 42% menos de la estimación inicial.
- La incidencia de esta optimización en cuanto a tiempo de canchado y de grouting para vaciado, se expresa en un 63% de los costos totales ahorrados en el izaje de columnas.

Costo inicial aproximado de izaje de una columna	\$4.945.481	Costo final aproximado de izaje de una columna	\$1.808.064
--------------------------------------------------	-------------	------------------------------------------------	-------------

- Al finalizar el mes de Junio, se tiene que se ha logrado realizar el izaje del 57.5% de la unidad constructiva de bloque 4 en lo que corresponde a elementos de tipo columna.

CONCLUSIONES

- Se puede afirmar que las implementaciones logísticas iniciales que se realizaron, algunas no resultaron ser tan efectivas, la sumatoria de todos los cambios que se realizaron posteriormente, generaron un balance estable en el rendimiento del frente.
- Se logró identificar que los parámetros técnicos que retrasaban el proceso de izaje de columnas, estaban ligados al alineamiento que se realiza en conjunto con la comisión de topografía.
- Se identificó que el desfase de los ejes de los dados de cimentación tras el vaciado, influyen de manera significativa en el tiempo de programación de izajes y por consiguiente en el rendimiento no solo del frente, sino de los frentes dependientes del izaje.

- La efectividad de los cambios logísticos implementados con respecto a la metodología de izaje que se tenía por parte del practicante del semestre anterior (2018-2) no presenta mucha diferencia en temas de tiempo, dado que el promedio diario converge aproximadamente al mismo valor; sin embargo, si se logra notar una gran diferencia con respecto al promedio inicial que se presentaba en el último semestre (2019-1).

La influencia de las decisiones logísticas que se tomaron, evitaron algunos reprocesos y adicional a ello, marcaron un ahorro significativo en términos económicos por cada columna izada; esto se refiere a por lo menos un 43% economizado en términos de insumos, que para este caso, se refiere al grouting Masterflow 928.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Botero Botero, F. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de manos de obra en actividades de construcción. Revista Universidad EAFIT.
2. Qué es el izaje | | Gruas y Equipos García. (2019). Tomado de: <https://www.gruasyequiposgarcia.com/tag/que-es-el-izaje/>
3. Análisis de métodos y tiempos. Cómo realizarlo paso a paso. (2019). Tomado de: https://leanmanufacturing10.com/analisis-metodos-tiempos#Estudio_de_tiempos
4. Estado de costos de producción - Fundamentos de los costos. (2019). Retrieved from <http://www.mailxmail.com/curso-fundamentos-costos/estado-costos-produccion>
5. Grúa (máquina). (2019). Tomado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_\(m%C3%A1quina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_(m%C3%A1quina))
6. MasterFlow 928. (2019). Tomado de: <https://www.master-builders-solutions.basf.com.mx/es-mx/products/masterflow/masterflow-928---grout-de-alta-precisi%C3%B3n-con-agregado-minera>