



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**METODOLOGÍA DE OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE  
IZAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS EN EL CENTRO  
LOGÍSTICO INDUSTRIAL DEL NORTE – CLIN.**

Autor  
Sergio Echeverry Pérez

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



# Metodología de optimización en el proceso de izaje de elementos prefabricados en el Centro Logístico Industrial del Norte – CLIN.

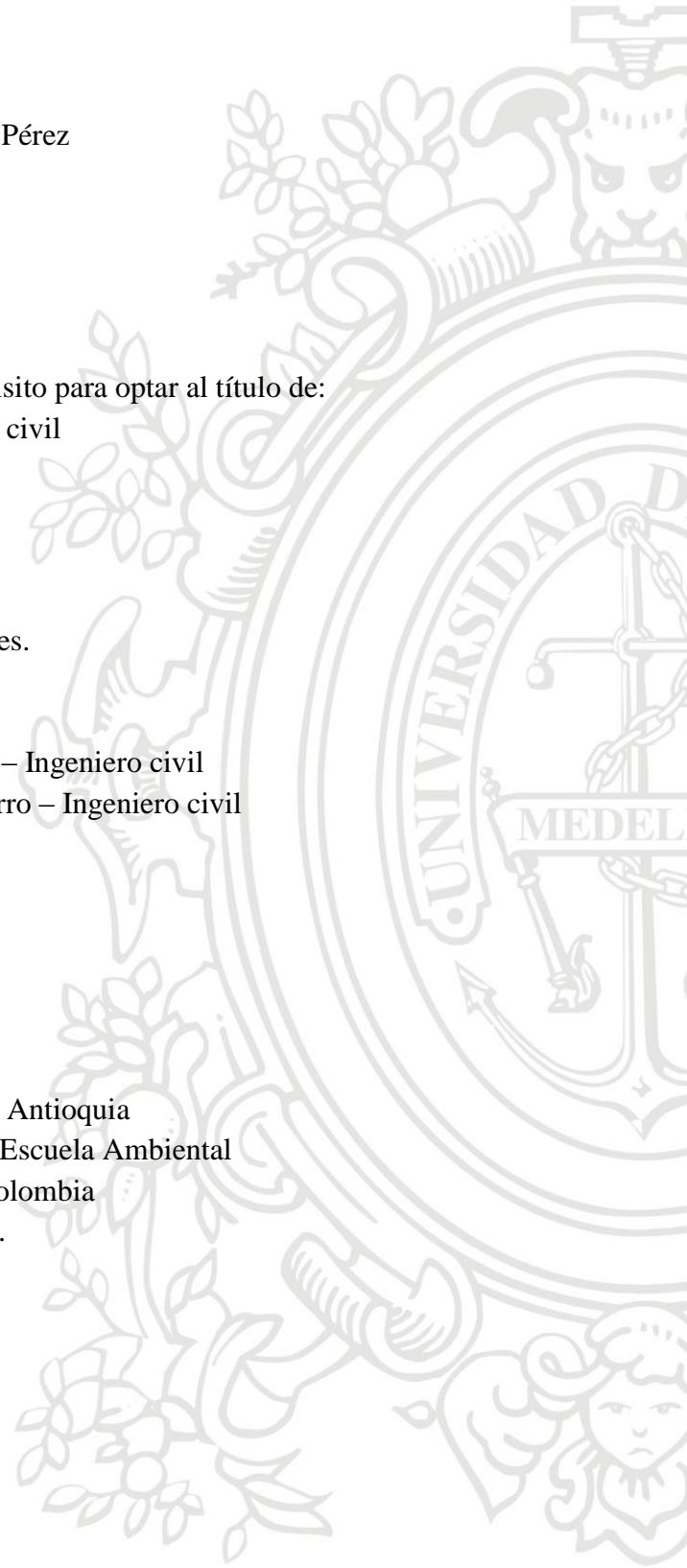
Sergio Echeverry Pérez

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

Asesores.

Juan Carlos Guzmán – Ingeniero civil  
Guillermo Roder Chaparro – Ingeniero civil

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



## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES.....	2
RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. MARCO TEORICO.....	6
4.1. Sistema constructivo tilt up.....	6
4.2. Centro Logístico Industrial del Norte.....	7
4.3. Fachada de Bodega.....	8
4.3.1. Fachada de Bodega Logística.....	8
4.3.2. Fachada de Bodega Industrial.....	9
4.4. Programación de obra.....	11
4.5. Programación de actividad repetitiva.....	11
4.6. Izaje de elementos.....	12
4.7. Elemento.....	12
4.8. Grúa telescópica.....	12
4.9. Manlift.....	13
4.10. Camión de carga.....	14
5. METODOLOGÍA.....	15
5.1. Desarrollo de una matriz computacional como herramienta de gestión.....	15
5.2. Diagnóstico de factores que generan retrasos y reprocesos.....	18
5.3. Programación de actividad repetitiva para el izaje de fachadas.....	18
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	19
6.1. Desarrollo de una matriz computacional como herramienta de gestión.....	19
6.2. Diagnóstico de factores que generan retrasos y reprocesos.....	20
6.3. Programación de actividad repetitiva para el izaje de fachadas.....	21
7. CONCLUSIONES.....	24
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25



## TABLA DE ILUSTRACIONES.

<b>Ilustración 1.</b> Centro Logístico Industrial del Norte. ....	7
<b>Ilustración 2.</b> Fachada de bodega logística. ....	8
<b>Ilustración 3.</b> Detalle de fachada de bodega logística. ....	9
<b>Ilustración 4.</b> Fachada de bodega industrial. ....	10
<b>Ilustración 5.</b> Detalle de fachada de bodega industrial. ....	10
<b>Ilustración 6.</b> Convenciones de etapas para prefabricados. ....	16
<b>Ilustración 7.</b> Fragmento de matriz de control – Bodega industrial. ....	16
<b>Ilustración 8.</b> Fragmento de matriz de control – Bodega logística. ....	16
<b>Ilustración 9.</b> Inventario de muros de fachada para bodega industrial. ....	17
<b>Ilustración 10.</b> Inventario de muros de fachada para bodega logística. ....	17
<b>Ilustración 11.</b> Matriz de control de prefabricados para las fachadas de bodega de bloque 1. ....	19
<b>Ilustración 12.</b> Acopio de prefabricados de fachada tipo industrial en el sitio de izaje. ....	22
<b>Ilustración 13.</b> Acopio de prefabricados de fachada tipo logística en el sitio de izaje. ....	22
<b>Fotografía 1.</b> Grúa telescópica realizando un izaje. ....	13
<b>Fotografía 2.</b> Manlift Genie Z-60/34 ....	14
<b>Fotografía 3.</b> Camión de carga de prefabricados. ....	14
<b>Fotografía 4.</b> Libreta de campo.....	15
<b>Fotografía 5.</b> Anotaciones de novedades.....	15
<b>Fotografía 6.</b> Grúa telescópica cargando muros en el camión para transportarlos hasta el acopio de prefabricados. ....	21
<b>Tabla 1.</b> Características de muros prefabricados para fachada de bodega logística. ....	9
<b>Tabla 2.</b> Características de muros prefabricados para fachada de bodega industrial. ....	10
<b>Tabla 3.</b> Diagnóstico de factores que generan retrasos en la programación de obra. ....	20
<b>Tabla 4.</b> Programación repetitiva para el izaje de prefabricados para fachada de bodega logística. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Programación repetitiva para el izaje de prefabricados para fachada de bodega industrial. ....	24

## **RESUMEN.**

Este informe contiene la información correspondiente al trabajo desarrollado durante la práctica académica del programa Ingeniería Civil, llevada a cabo en el proyecto Centro Logístico Industrial del Norte, un proyecto en el que se construyen 72 bodegas, una Estación de Servicio y un Hotel, ubicado en el municipio de Girardota – Antioquia.

Durante la ejecución del proyecto se presentaron retrasos en la programación de obra, específicamente en el frente de izajes se evidenciaron reprocesos en las actividades correspondientes a la instalación de las fachadas de bodega que pudieron ser mitigados e incluso evitados poniendo en práctica el uso de herramientas de control de avance de obra, sin embargo, el proyecto no contaba con este tipo de mecanismo para controlar la actividad mencionada.

Por lo tanto, se implementó un sistema que consiste en una matriz computacional que permite controlar la trazabilidad de los elementos que componen los dos tipos de fachada en sus diferentes etapas del proceso. Además, de una programación del orden secuencial de las actividades necesarias para la instalación de los prefabricados y así asegurar que cada miembro del equipo de izaje tenga claras sus funciones para evitar tiempos muertos y reprocesos.

Con estas herramientas se buscó mantener un correcto avance de obra y ejecución de actividades durante mi permanencia en el proyecto, además de procurar la oportuna entrega de las bodegas a sus respectivos propietarios.

## 1. INTRODUCCIÓN.

A nivel global, un sistema constructivo es definido como el conjunto de elementos, materiales, herramientas, técnicas, procedimientos y equipos que, combinados, generan un tipo de edificación en particular [1]. Existen diferentes tipos de sistemas constructivos que ofrecen ventajas y desventajas según distintas variables como el tipo de proyecto de infraestructura que se desea construir, el tiempo con que se cuenta para desarrollar el proyecto, los diferentes recursos disponibles entre otros [2].

El CLIN – Centro Logístico Industrial del Norte, es un proyecto de tipo industrial que se encuentra ubicado en la parte baja del municipio de Girardota, al norte del departamento de Antioquia y que actualmente está siendo ejecutado por la empresa Gomeco S.A.S. en el cual se emplea un sistema constructivo moderno, basado en prefabricados de concreto conocido como *Tilt up* [3].

Este sistema consiste básicamente en moldear los elementos estructurales de hormigón sobre una losa o una superficie horizontal, para posteriormente ser izados hasta su lugar definitivo, por lo tanto, ofrece ventajas a un proyecto de infraestructura, como la reducción en los plazos de ejecución ya que permite identificar y eliminar fácilmente los tiempos muertos entre las distintas actividades de obra, lo que finalmente se traduce en la reducción de costos fijos de un proyecto y mejora su economía [4].

En este documento se plantea una metodología que permitirá llevar control en el proceso de fabricación e izaje de los distintos tipos de elementos prefabricados de fachada y por medio de la aplicación de una programación de obra repetitiva, optimizar el proceso de izaje e instalación de los mismos en la infraestructura del proyecto, mitigando la deficiencia que tiene el proyecto en cuanto al seguimiento y control de avance de obra.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En el proceso izaje de muros prefabricados de fachada del proyecto CLIN, no se cuenta con un mecanismo o herramienta de gestión que asegure un control y/o seguimiento a la programación de obra y a la trazabilidad de cada uno de los elementos en las diferentes etapas del proceso. Es decir, que permita saber si un muro debe ser fabricado, si ya se fabricó o si este ya fue instalado en la estructura. Lo que genera retrasos y reprocesos en la fabricación e instalación de las piezas. Retrasando actividades posteriores que requieren instalada la fachada de cada bodega, tal como la instalación de cerchas para ventanas y de cortinas corredizas para muelles de carga en el caso de las bodegas logísticas.

## **3. OBJETIVOS.**

### **3.1. Objetivo general.**

Optimizar el proceso de izaje de muros prefabricados para las fachadas de las bodegas del proyecto Centro Logístico Industrial del Norte - CLIN.

### **3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar los rendimientos y capacidades de los equipos, mano de obra y maquinaria utilizados para los izajes de los muros prefabricados que componen la fachada de la bodega según las diferentes etapas del proceso.
- Diagnosticar los principales factores que generan atrasos, reprocesos y tiempos muertos en el izaje de elementos.
- Estandarizar una matriz computacional como herramienta de gestión que facilite el control de izajes.



- Generar una programación repetitiva para las actividades que componen el proceso de izaje de muros prefabricados para las fachadas de las bodegas del proyecto CLIN.

#### **4. MARCO TEORICO.**

Durante décadas, en el desarrollo de la infraestructura colombiana han prevalecido algunos sistemas constructivos tradicionales, tales como el sistema aporricado, el sistema de muros vaciados, el sistema de mampostería estructural, entre otros. No obstante, sistemas alternativos de construcción se han comenzado a implementar en el territorio colombiano, ya que permiten optimizar la maquinaria y mano de obra necesaria, dan la posibilidad de traslapar actividades de manera más eficiente, lo que finalmente reduce el tiempo de construcción y por ende los costos totales. Uno de estos sistemas es la construcción in situ con elementos prefabricados, conocido como sistema constructivo *tilt up*.

##### **4.1. Sistema constructivo *tilt up*.**

El Instituto Americano del Concreto (ACI) define el sistema constructivo "Tilt up" como una técnica de construcción con muros de concreto, los cuales son fundidos o vaciados horizontalmente y cerca de su posición final para luego ser levantados e instalados por una grúa.

Una vez el concreto de los muros adquiere su resistencia mínima especificada por el diseñador estructural, los muros son izados y colocados en su posición final.

Este método constructivo aporta algunas ventajas a los proyectos, como son la flexibilidad y agilidad en el proceso de diseño, la eliminación de procesos logísticamente más laboriosos como son el uso de formaletas y el vaciado de grandes volúmenes de concreto, la optimización de costos y la reducción del riesgo de imprevistos [4].

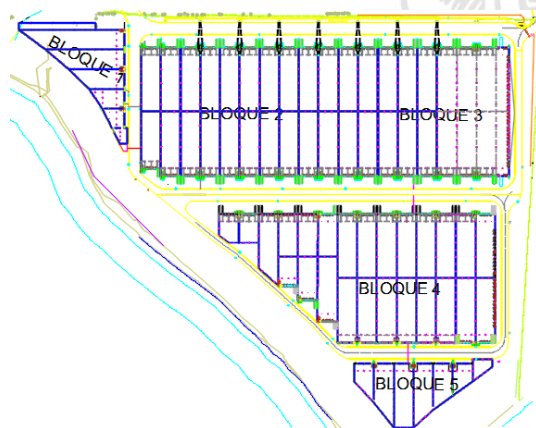


Este método constructivo está siendo utilizado desde el año 2015 hasta la actualidad, por la empresa Gomeco S.A.S. en la ejecución del proyecto CLIN.

#### **4.2. Centro Logístico Industrial del Norte.**

El CLIN – Centro Logístico Industrial del Norte, es un proyecto de tipo industrial que se encuentra ubicado en la parte baja del municipio de Girardota, al norte del departamento de Antioquia, específicamente en la Vereda La Matica. Limita por el norte con el Lote Bucaros, por el oriente y sur con el Río Aburra y por el occidente con la autopista norte.

El proyecto está compuesto por 72 bodegas subdivididas en cinco 5 bloques (Ver *Ilustración 1*), un hotel de siete 7 pisos, una estación de servicio y un Centro Diagnóstico Automotriz – CDA.



**Ilustración 1.** Centro Logístico Industrial del Norte.  
CLIN, (2019), Recuperado de Plano de urbanismo CLIN.

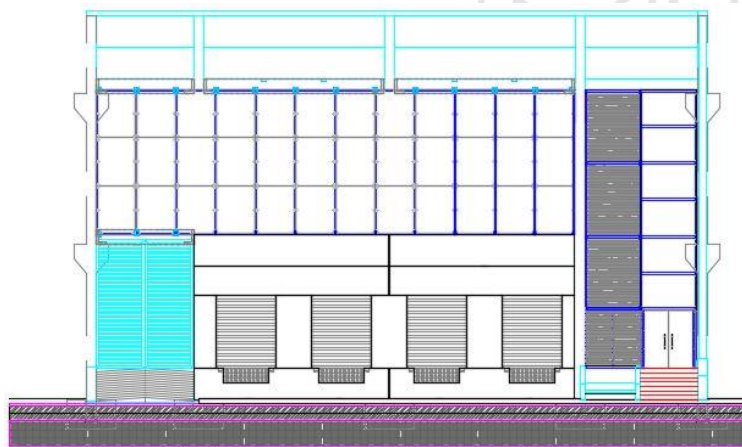
Según las necesidades de cada cliente del proyecto, estos pueden adquirir una bodega de tipo logístico o una de tipo industrial. La diferencia entre una bodega y la otra se encuentra, básicamente, en su fachada; la cual podría contar con muelles de carga para camiones o no según el tipo.

### 4.3. Fachada de Bodega.

A continuación, se ilustran los elementos (muros prefabricados) de los que se encuentran compuestos los dos tipos de fachada que tiene el proyecto y su respectiva ubicación.

#### 4.3.1. Fachada de Bodega Logística.

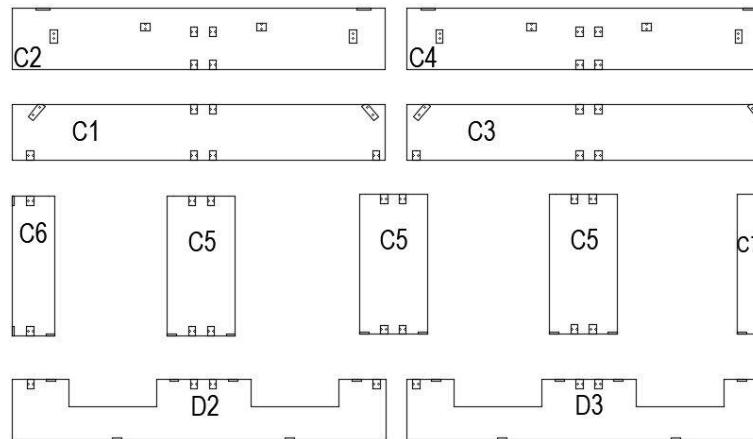
De las setenta y dos (72) bodegas con las que cuenta el proyecto, cincuenta y tres (53) de ellas son bodegas de tipo logístico, estas bodegas se distinguen por tener en su fachada cuatro (4) muelles de carga, una rampa de acceso para camiones que es construida en sitio y una puerta peatonal con escaleras también construidas en sitio. El proceso de izaje de la fachada de bodega logística consta de once (11) tipos de muros prefabricados distintos, ubicados según como se muestra en la *Ilustración 2*.



**Ilustración 2.** Fachada de bodega logística.

CLIN, (2019), Recuperado de Plano de Interior de Bodegas.

La nomenclatura utilizada para diferenciar cada tipo de muro y los detalles de platinaría de estos elementos se puede apreciar en la *Ilustración 3* y sus proporciones en la *Tabla 1*.



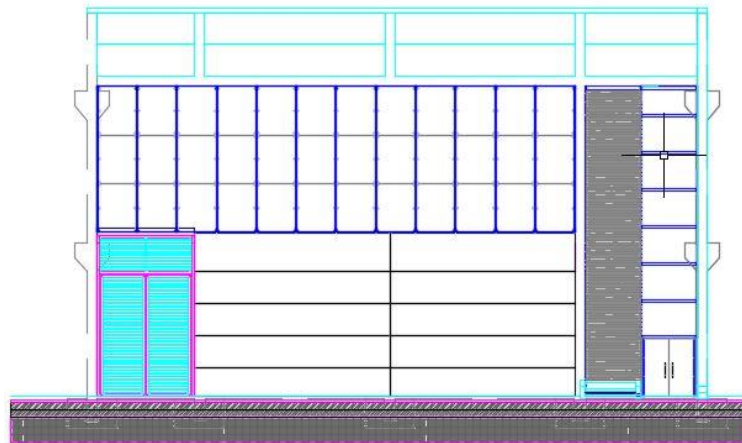
**Ilustración 3.** Detalle de fachada de bodega logística.

Tipo de muro	Altura (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Peso (Ton)
C1	1.2	8.0	0.15	3.5
C2	1.3	8.0	0.15	3.7
C3	1.2	7.6	0.15	3.3
C4	1.3	7.6	0.15	3.6
C5	3	1.46	0.15	1.6
C6	3.0	0.93	0.15	1.0
C7	3.0	0.53	0.15	0.6
D2	1.3	8.0	0.2	4.2
D3	1.3	7.6	0.2	3.9

**Tabla 1.** Características de muros prefabricados para fachada de bodega logística.

#### 4.3.2. Fachada de Bodega Industrial.

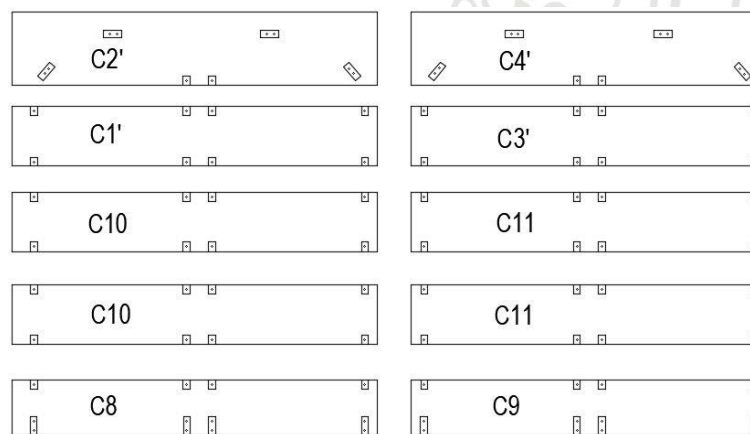
Las diez y nueve (19) bodegas restantes del proyecto son de tipo industrial, estas se caracterizan por tener una puerta industrial en lugar de muelles de carga y una puerta peatonal. El proceso de izaje de la fachada de bodega industrial consta de diez (10) tipos de muros prefabricados distintos, ubicados como se muestra en la *Ilustración 4*.



**Ilustración 4.** Fachada de bodega industrial.

CLIN, (2019), Recuperado de Plano de Interior de Bodegas.

La nomenclatura utilizada para diferenciar cada tipo de muro y los detalles de platinaría de estos elementos se puede apreciar en la *Ilustración 5* y sus proporciones en la *Tabla 2*.



**Ilustración 5.** Detalle de fachada de bodega industrial.

Tipo de muro	Altura (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Peso (Ton)
C1'	1.3	8.0	0.15	3.7
C2'	1.6	8.0	0.15	4.6
C3'	1.3	7.6	0.15	3.6
C4'	1.6	7.6	0.15	4.4
C8	1.2	8.0	0.15	3.5
C9	1.2	7.6	0.15	3.3
C10	1.3	8.0	0.15	3.7
C11	1.3	7.6	0.15	3.6

**Tabla 2.** Características de muros prefabricados para fachada de bodega industrial.



En la ejecución de proyectos de infraestructura se han desarrollado metodologías y herramientas que permiten establecer un orden en el desarrollo de distintas actividades. En el caso del Centro Logístico Industrial del Norte es de gran utilidad que se cuente con una programación de obra que establezca el orden de ejecución de actividades según las prioridades del proyecto.

#### **4.4. Programación de obra.**

La programación permite de forma planificada la organización de una serie de actividades que tienen como fin la obtención de un producto final, es la determinación de los tiempos para las operaciones que abarca el proyecto, la suma de los tiempos constituye el tiempo total de terminación [5].

Así mismo, para la instalación de los distintos elementos prefabricados que componen las fachadas de cada bodega, se hace necesario contar con una programación más específica, una programación de actividad repetitiva que contemple una secuencia lógica en que debe ser desarrollada cada acción intermedia de este proceso de izaje.

#### **4.5. Programación de actividad repetitiva.**

Las actividades repetitivas se caracterizan, por tener elementos que se repiten un número considerable de veces durante su ejecución, por ejemplo, los pisos de un edificio en altura y las casas de un conjunto habitacional [6].

Para poder hacer una programación de actividades repetitivas se debe realizar una Programación Rítmica del elemento repetitivo. Una programación rítmica se define como un sistema de programación de construcción del elemento repetitivo, en el que todas las actividades que intervienen en la ejecución del elemento, se realizan en un tiempo común o múltiplo de éste, denominado Ritmo [7].

El objetivo de llevar todas las actividades a un tiempo común es evitar los tiempos muertos entre los elementos repetitivos que se producen por actividades de menor duración.

#### **4.6. Izaje de elementos.**

Se puede entender el izaje como la operación de levantar o mover objetos con ayuda de algunos dispositivos mecánicos, el cual se hace de una forma segura, controlada y bien calculada. Dentro de las construcciones se encuentra que es muy común realizar este tipo de acciones para armar estructuras o facilitar los procesos de construcción [8]. Entre los equipos para izaje más comunes se cuentan las grúas telescópicas, puentes grúa, pórticos y monorraíles.

Un izaje es una operación de alto riesgo dadas las condiciones involucradas, como el peso mismo de las cargas, las fuerzas requeridas, la necesidad de coordinación entre todos los participantes y el correcto funcionamiento de todos los equipos y accesorios.

#### **4.7. Elemento.**

Corresponde a la unidad que se deberá construir en forma repetitiva para obtener la construcción del proyecto.

Es importante definir la maquinaria y equipos con los que cuenta el frente de izajes del proyecto CLIN y que son utilizados para el montaje de las fachadas de bodega. Así que a continuación se da una breve descripción de cada uno de estos.

#### **4.8. Grúa telescópica.**

Las grúas telescópicas son otra forma de grúas pesadas empleadas para transportar y maniobrar cargas de un lugar a otro. La principal diferencia entre una grúa telescópica y otras grúas convencionales es que la primera tiene una pluma telescópica hueca que contiene varios tubos montados en

un lado y otro. Un mecanismo hidráulico permite el movimiento de alargamiento y refracción de la viga [8].

En el proceso se utiliza una grúa telescópica GROVE RT 600 E que tiene una capacidad de carga de 40 toneladas, esta grúa es operada por una persona y esta a su vez cuenta con la ayuda de un aparejador (Ver *Fotografía 1*).



**Fotografía 1.** Grúa telescópica realizando un izaje.

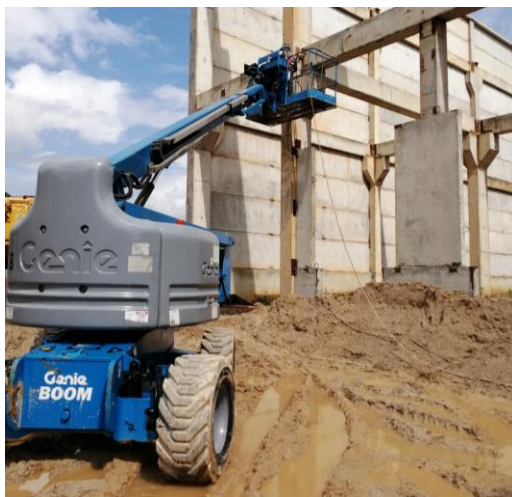
Elaboración propia.

#### **4.9. Manlift.**

Un Manlift, o también conocido como elevador de obra, es un equipo de trabajo en altura que permite desplazarse lateralmente y hacer giros de 360 grados, ideales para ser trasladados de un lugar a otro.

Se utiliza un manlift Genie Z-60/34 que es operado por un soldador-montador, este operador a su vez cuenta con herramienta menor como equipo de soldadura, extensión, pulidora, almádana, flexómetro, entre otros (Ver *Fotografía 2*).





*Fotografía 2.* Manlift Genie Z-60/34

Elaboración propia.

#### **4.10. Camión de carga.**

Se utiliza un camión o una mula según la disponibilidad y el estado de la vía para transportar los muros bien sea desde pistas o desde la zona de acopio hasta la respectiva bodega donde será instalado. Este equipo es operado por una persona (Ver *Fotografía 3*).



*Fotografía 3.* Camión de carga de prefabricados.

Elaboración propia.



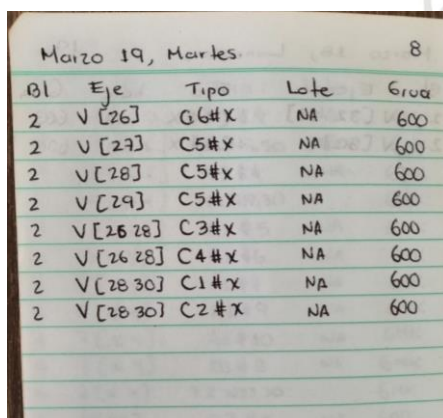
## 5. METODOLOGÍA.

Con el fin cumplir con los objetivos planteados y obtener resultados positivos para el proyecto, se trabajó con la información y recursos suministrados por la empresa y recolectada durante el desarrollo de la practica académica, interviniendo algunos aspectos que se consideran importantes, dentro de los cuales se destacan los siguientes.

### 5.1. Desarrollo de una matriz computacional como herramienta de gestión.

Día a día se realizó seguimiento y recuento de la cantidad y tipos de elementos instalados, teniendo en cuenta cada una de las actividades intermedias que fueron necesarias para el izaje de estos muros de fachada.

Esta contabilidad se llevó en libretas de campo (ver *Fotografía 4*) que posteriormente alimentaron la matriz desarrollada en hojas de cálculo de Google Drive, la cual arroja un balance del inventario de elementos en sus diferentes etapas del proceso, es decir, cuales, y cuántos de ellos se encuentran en fabricación, cuales ya están fabricados y disponibles para su izaje y cuales ya se encuentran instalados en la infraestructura.



B1	Eje	Tipo	Lote	Cant.	Grúa
2	V [26]	G6#X	NA	600	
2	V [27]	C5#X	NA	600	
2	V [28]	C5#X	NA	600	
2	V [29]	C5#X	NA	600	
2	V [26 28]	C3#X	NA	600	
2	V [26 28]	C4#X	NA	600	
2	V [28 30]	C1#X	NA	600	
2	V [28 30]	C2#X	NA	600	

*Fotografía 4.* Libreta de campo.

Elaboración propia.

Para el desarrollo de la matriz se tuvo en cuenta la sectorización del proyecto en bloques, así que se creó una hoja de cálculo para cada uno de

estos, en dicha hoja se deposita la información correspondiente al detalle de cada muro prefabricado que compone la fachada, bodega por bodega, marcando la celda de un color específico según la etapa en que se encuentre el elemento, para lo cual se toman las convenciones que se muestran en la *Ilustración 6*. Además de esta celda, la matriz cuenta con un espacio para añadir observaciones y comentarios a cada elemento en caso de que sea necesario, por ejemplo, si se requiere que el elemento se fabrique con una altura o vano específico o si el elemento requiere alguna modificación en su platería, entre otros. Un ejemplo de esto puede observarse en la *Ilustración 7* e *Ilustración 8*.

Convenciones	
Por fabricar	
En fabricación	
Disponible en acopio	
En sitio	
Instalado	

*Ilustración 6.* Convenciones de etapas para prefabricados.  
Elaboración propia.

B101		
Tipo Muro	Etapas	Observaciones
C1 DER	En acopio	
C2 DER	En fabricación	
C3 DER	Por fabricar	
C4 DER	Por fabricar	
C8 DER	En fabricación	
C9 DER	En fabricación	
C10 DER	Por fabricar	
C10 DER	Por fabricar	
C11 DER	En fabricación	
C11 DER	En fabricación	

*Ilustración 7.* Fragmento de matriz de control – Bodega industrial.  
Elaboración propia.

B106		
Tipo de muro	Etapas	Observaciones
D2 DER	Izado	
D3 DER	Izado	
C1 DER	Izado	
C2 DER	Izado	
C3 DER	Izado	
C4 DER	Izado	
C5	Izado	
C5	Izado	
C5	Izado	
C6 DER	Izado	
C7	Izado	

*Ilustración 8.* Fragmento de matriz de control – Bodega logística.  
Elaboración propia.

Posteriormente usando condicionales y funciones básicas de Google Drive, cada hoja de cálculo con la información de las fachadas de su respectivo

bloque del proyecto va a actualizar el inventario, el cual se encuentra discriminado según si se trata de fachadas logísticas o industriales, este inventario puede observarse en la *Ilustración 9* e *Ilustración 10*.

INVENTARIO DE MUROS DE FACHADA PARA BODEGA INDUSTRIAL											
Total		En fabricacion		Disponible en acopio		En sitio		Izados		Por fabricar	
Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad
C1 DER	10	C1 DER	0	C1 DER	2	C1 DER	0	C1 DER	1	C1 DER	7
C1 IZQ	9	C1 IZQ	0	C1 IZQ	2	C1 IZQ	0	C1 IZQ	1	C1 IZQ	6
C2 DER	10	C2 DER	2	C2 DER	0	C2 DER	0	C2 DER	1	C2 DER	7
C2 IZQ	9	C2 IZQ	1	C2 IZQ	0	C2 IZQ	0	C2 IZQ	1	C2 IZQ	7
C3 DER	10	C3 DER	0	C3 DER	0	C3 DER	0	C3 DER	1	C3 DER	9
C3 IZQ	8	C3 IZQ	0	C3 IZQ	0	C3 IZQ	0	C3 IZQ	0	C3 IZQ	8
C4 DER	10	C4 DER	0	C4 DER	0	C4 DER	0	C4 DER	1	C4 DER	9
C4 IZQ	8	C4 IZQ	0	C4 IZQ	0	C4 IZQ	0	C4 IZQ	0	C4 IZQ	8
C8 DER	10	C8 DER	1	C8 DER	1	C8 DER	0	C8 DER	1	C8 DER	7
C8 IZQ	9	C8 IZQ	0	C8 IZQ	1	C8 IZQ	0	C8 IZQ	1	C8 IZQ	7
C9 DER	10	C9 DER	1	C9 DER	1	C9 DER	0	C9 DER	1	C9 DER	7
C9 IZQ	8	C9 IZQ	0	C9 IZQ	2	C9 IZQ	0	C9 IZQ	0	C9 IZQ	6
C10 DER	20	C10 DER	1	C10 DER	0	C10 DER	0	C10 DER	2	C10 DER	17
C10 IZQ	18	C10 IZQ	0	C10 IZQ	0	C10 IZQ	0	C10 IZQ	2	C10 IZQ	16
C11 DER	20	C11 DER	4	C11 DER	0	C11 DER	0	C11 DER	2	C11 DER	14
C11 IZQ	16	C11 IZQ	2	C11 IZQ	2	C11 IZQ	0	C11 IZQ	0	C11 IZQ	12
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>Total</b>	<b>147</b>

*Ilustración 9.* Inventario de muros de fachada para bodega industrial.

Elaboración propia.

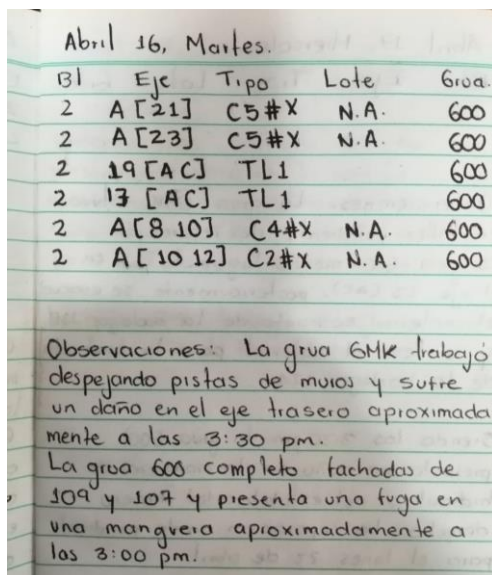
INVENTARIO DE MUROS DE FACHADA PARA BODEGA LOGISTICA											
Total		En fabricacion		Disponible en acopio		En sitio		Izados		Por fabricar	
Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad	Tipo Muro	Cantidad
C1 DER	25	C1 DER	0	C1 DER	5	C1 DER	0	C1 DER	18	C1 DER	2
C1 IZQ	28	C1 IZQ	0	C1 IZQ	5	C1 IZQ	0	C1 IZQ	18	C1 IZQ	5
C2 DER	25	C2 DER	0	C2 DER	3	C2 DER	0	C2 DER	18	C2 DER	4
C2 IZQ	28	C2 IZQ	0	C2 IZQ	2	C2 IZQ	0	C2 IZQ	18	C2 IZQ	8
C3 DER	25	C3 DER	0	C3 DER	1	C3 DER	0	C3 DER	18	C3 DER	6
C3 IZQ	28	C3 IZQ	0	C3 IZQ	2	C3 IZQ	0	C3 IZQ	18	C3 IZQ	8
C4 DER	25	C4 DER	0	C4 DER	3	C4 DER	0	C4 DER	18	C4 DER	4
C4 IZQ	28	C4 IZQ	0	C4 IZQ	3	C4 IZQ	0	C4 IZQ	18	C4 IZQ	7
C5	159	C5	0	C5	14	C5	0	C5	108	C5	37
C6 DER	25	C6 DER	0	C6 DER	2	C6 DER	0	C6 DER	18	C6 DER	5
C6 IZQ	28	C6 IZQ	0	C6 IZQ	4	C6 IZQ	0	C6 IZQ	18	C6 IZQ	6
C7	53	C7	0	C7	4	C7	0	C7	36	C7	13
<b>Total</b>	<b>477</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>Total</b>	<b>324</b>	<b>Total</b>	<b>105</b>

*Ilustración 10.* Inventario de muros de fachada para bodega logística.

Elaboración propia.

## 5.2. Diagnóstico de factores que generan retrasos y reprocesos.

De manera similar al conteo de elementos izados diariamente y utilizando la misma libreta de campo, se tomaron anotaciones de las novedades que se presentaron y que interfirieron con el desempeño de la actividad (Ver Fotografía 5).



	Eje	Tipo	Lote	Grao.
131	A [21]	C5#X	N.A.	600
2	A [23]	C5#X	N.A.	600
2	19 [AC]	TL1		600
2	13 [AC]	TL1		600
2	A [8 10]	C4#X	N.A.	600
2	A [10 12]	C2#X	N.A.	600

Observaciones: La grúa GMK trabajó despejando pistas de muros y sufrió un daño en el eje trasero aproximadamente a las 3:30 pm.  
La grúa 600 completo fachadas de 109 y 107 y presenta una fuga en una manguera aproximadamente a las 3:00 pm.

Fotografía 5. Anotaciones de novedades.

Elaboración propia.

## 5.3. Programación de actividad repetitiva para el izaje de fachadas.

Para la elaboración de una programación de actividad repetitiva fue necesario estudiar los planos que componen los dos tipos de fachada y establecer el orden en que debía ser izado cada elemento. Una vez resuelta la secuencia de izaje, se definió el orden en que los muros prefabricados debían ser cargados desde el acopio de almacenamiento, bien fuera en el camión o en la mula, para que, al momento de la descarga del material en su respectiva bodega, este sea acopiado adecuadamente.

En esta programación se tuvo en cuenta las actividades que debían ser desarrolladas simultáneamente por todos los miembros del frente de trabajo, dicho de otra manera, las actividades intermedias que debían adelantarse por soldados y ayudantes, como la limpieza del lugar de



trabajo, la preparación de la red eléctrica para conectar equipos, entre otros, mientras la grúa y el camión se disponen a desplazar el material hasta el sitio.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Considerando la problemática planteada al comienzo de este documento y los objetivos del desarrollo de la práctica académica, se presentan a continuación los resultados producto de la intervención realizada en el montaje de prefabricados de fachada.

### 6.1. Desarrollo de una matriz computacional como herramienta de gestión.

B101		B102		B103		B104		B105	
Tipo Muro	Observaciones	Tipo Muro	Observaciones	Tipo Muro	Observaciones	Tipo Muro	Observaciones	Tipo Muro	Observaciones
C1 DER	En acopio	C1 IZQ	En acopio	C1 DER	En acopio	C1 IZQ	Izado	C1 DER	Izado
C2 DER	En fabricación	C2 IZQ	En fabricación	C2 DER	En fabricación	C2 IZQ	Izado	C2 DER	Izado
C3 DER	Por fabricar	C3 IZQ	Por fabricar	C3 DER	Por fabricar	C3 IZQ	Suprimido	C3 DER	Izado
C4 DER	Por fabricar	C4 IZQ	Por fabricar	C4 DER	Por fabricar	C4 IZQ	Suprimido	C4 DER	Izado
C8 DER	En fabricación	C8 IZQ	En acopio	C8 DER	En acopio	C8 IZQ	Izado	C8 DER	Izado
C9 DER	En fabricación	C9 IZQ	En acopio	C9 DER	En acopio	C9 IZQ	Suprimido	C9 DER	Izado
C10 DER	Por fabricar	C10 IZQ	Por fabricar	C10 DER	En fabricación	C10 IZQ	Izado	C10 DER	Izado
C10 DER	Por fabricar	C10 IZQ	Por fabricar	C10 DER	Por fabricar	C10 IZQ	Izado	C10 DER	Izado
C11 DER	En fabricación	C11 IZQ	En acopio	C11 DER	En fabricación	C11 IZQ	Suprimido	C11 DER	Izado
C11 DER	En fabricación	C11 IZQ	En acopio	C11 DER	En fabricación	C11 IZQ	Suprimido	C11 DER	Izado

Convenciones	
Por fabricar	
En fabricacion	
Disponible en acopio	
En sitio	
Instalado	
Elemento suprimido en diseño	

Ilustración 11. Matriz de control de prefabricados para las fachadas de bodega de bloque 1.

Elaboración propia.

Una vez puesta en funcionamiento la matriz computacional elaborada en hojas de cálculo de Google Drive, esta permitió iniciar un plan de trabajo coordinado entre el frente de izajes y el frente de producción de prefabricados, llevando un seguimiento y control a los muros que se han instalado y a los que deben ser fabricados próximamente, evitando caer en errores como fabricar dos veces el mismo elemento o, por el contrario, no fabricar un elemento que debía fabricarse en un determinado momento, disminuyendo reprocesos y evitando al máximo tiempos muertos y posibles retrasos.

Dado que todos los elementos de la fachada son diferentes, también se fabrican en formaletas diferentes, por lo que es importante la buena

programación y coordinación interna en el frente de producción para evitar situaciones como que se fabriquen muros superiores sin haber fabricado antes los inferiores. Este inconveniente también ha sido mitigado con el uso de la matriz de control.

Considerando los resultados alcanzados con el uso de la matriz inicialmente para el izaje de fachadas en los bloques 2 y 3, se escaló la matriz para el mismo proceso en los bloques 1, 4 y 5.

### **6.2. Diagnóstico de factores que generan retrasos y reprocesos.**

Se identificaron e intervinieron algunos factores que generan atrasos en el desarrollo de la actividad, considerando si son internos o externos al proceso. En la *Tabla 3* se mencionan estos.

Factor	Descripción	Tipo
Factores climaticos	Se ha evidenciado que en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre el rendimiento del frente de izajes disminuye como consecuencia del incremento de lluvias que saturan el suelo y dificulta el movimiento de la maquinaria, ademas que por condiciones de seguridad, durante las lluvias se obliga a suspender actividades de soldadura.	Externa
Fallas mecanicas o electricas	Ocasionalmente se presentan fallas mecanicas en los equipos (grúa, manlift, camion) o fallas electricas en las extensiones y tableros de corriente.	Interna
Inventario y/o abastecimiento	Es posible que se generen retrasos asociados a la falta de suministros como cemento, agregados o acero, necesarios para la fabricación de los elementos.	Interna
Imprevistos e incidentes	Algunos eventos o incidentes que no pueden ser prevenidos por el personal que opera los equipos pueden resultar en que uno de los elementos sufra daños irreparables y que sea necesario fabricarlo nuevamente.	Interna

**Tabla 3.** Diagnóstico de factores que generan retrasos en la programación de obra.

Elaboración propia.

Dada la naturaleza de estos eventos es bastante complejo cuantificar los retrasos que generará cada uno para ajustar previamente la programación, sin embargo, en algunos casos es posible mitigar las consecuencias con medidas como mantenimientos preventivos a los equipos, una adecuada planeación, pedidos de suministro de material a tiempo, entre otros.

### **6.3. Programación de actividad repetitiva para el izaje de fachadas.**

El izaje de los prefabricados de fachada, tanto para bodega de tipo logística como industrial, comienza una vez los muros han obtenido aproximadamente el 70% de su resistencia, esto es, en aproximadamente 7 días luego de ser fabricados, en ese momento pueden ser retirados del frente de producción y transportados a la zona de acopio de elementos (ver *Fotografía 6*), donde permanecerán hasta que, según la programación, la grúa y el camión vayan a buscarlos para ubicarlos en su respectiva bodega.

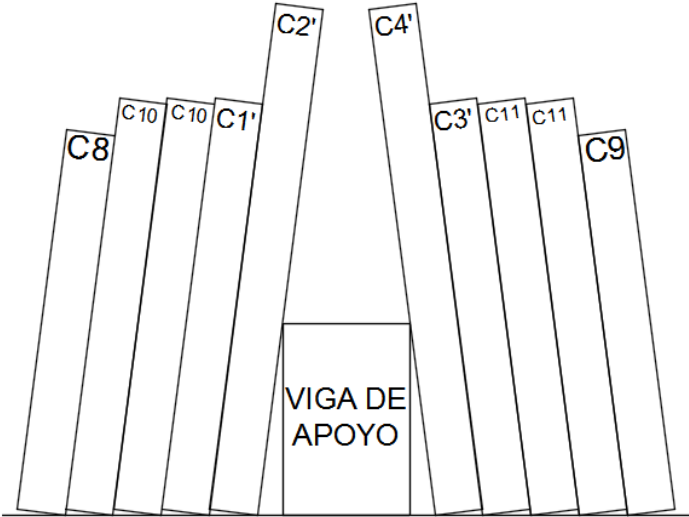


**Fotografía 6.** Grúa telescópica cargando muros en el camión para transportarlos hasta el acopio de prefabricados.

Elaboración propia.

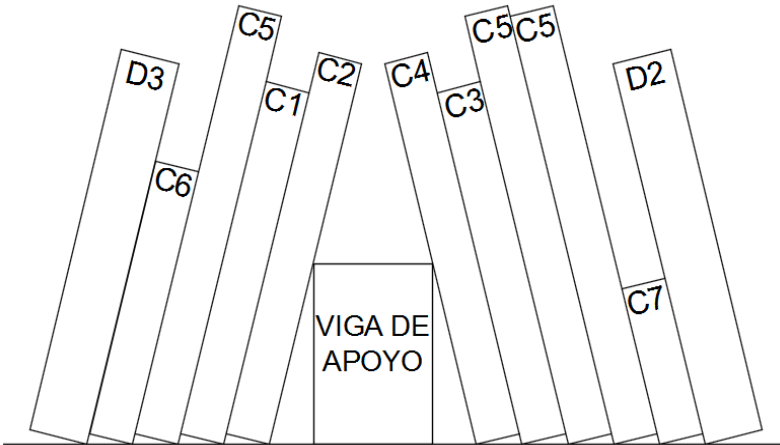
Una vez el material es transportado hasta la bodega en que será finalmente instalado en la estructura, se estandarizó la manera en que los elementos

deben ser acopiados en sitio (ver *Ilustración 12* e *Ilustración 13*). Esta manera de acopiar los elementos, responde al orden secuencia en que son izados, no ubicarlos de esta forma acarrea un retraso en la actividad ya que sería necesario mover los prefabricados que obstaculicen el siguiente en ser izado.



**Ilustración 12.** Acopio de prefabricados de fachada tipo industrial en el sitio de izaje.

Elaboración propia.



**Ilustración 13.** Acopio de prefabricados de fachada tipo logística en el sitio de izaje.

Elaboración propia.

Simultáneamente, mientras los muros son ubicados y llevados hasta el sitio, el resto del personal, es decir, soldador y ayudante, deben encargarse de



limpiar la zona de trabajo donde serán instalados los elementos y extender extensiones eléctricas para conectar los equipos de soldadura y pulidora.

En el momento en el que el material está dispuesto en el sitio, el área de trabajo ha sido adecuada y los equipos están operativos, se procede con el izaje de los prefabricados en orden ascendente, comenzando con los muelles de carga para el caso de las fachadas de bodega logística y con los prefabricados tipo C8 y C9 para las fachadas de bodega industrial. El proceso completo puede verse resumido en la programación planteada en las *Tablas 4 y 5*.

Código	Actividad	Actividad predecesora	Duración
<b>Actividad 1</b>	Fabricación de prefabricados de fachada	-	7 días
<b>Actividad 2</b>	Curado de prefabricados de fachada	Actividad 1	7 días
<b>Actividad 3</b>	Transporte de prefabricados hacia el acopio de material	Actividad 2	3 horas
<b>Actividad 4</b>	Ubicación y transporte de prefabricados hasta el sitio	Actividad 3	2 horas
<b>Actividad 5</b>	Preparación del área de trabajo y herramienta menor	-	1 hora
<b>Actividad 6</b>	Acopio de material en su respectiva bodega	Actividad 4	1 hora
<b>Actividad 7</b>	Izaje de elemento D3	Actividad 6	30 minutos
<b>Actividad 8</b>	Chequeo topográfico de nivel	Actividad 7	10 minutos
<b>Actividad 9</b>	Izaje de elemento D2	Actividad 6	30 minutos
<b>Actividad 10</b>	Chequeo topográfico de nivel	Actividad 9	10 minutos
<b>Actividad 11</b>	Izaje de elemento C7	Actividad 10	30 minutos
<b>Actividad 12</b>	Verificación de desplome del elemento	Actividad 11	10 minutos
<b>Actividad 13</b>	Izaje de elemento C6	Actividad 11	30 minutos
<b>Actividad 14</b>	Verificación de desplome del elemento	Actividad 13	10 minutos
<b>Actividad 15</b>	Izaje de elemento C5 central	Actividad 13	20 minutos
<b>Actividad 16</b>	Verificación de desplome del elemento	Actividad 15	10 minutos
<b>Actividad 17</b>	Izaje de elemento C5 lateral derecho	Actividad 15	20 minutos
<b>Actividad 18</b>	Verificación de desplome del elemento	Actividad 17	10 minutos
<b>Actividad 19</b>	Izaje de elemento C5 lateral izquierdo	Actividad 17	20 minutos
<b>Actividad 20</b>	Verificación de desplome del elemento	Actividad 19	10 minutos
<b>Actividad 21</b>	Izaje de elemento C3	Actividad 19	30 minutos
<b>Actividad 22</b>	Izaje de elemento C1	Actividad 21	30 minutos
<b>Actividad 23</b>	Izaje de elemento C4	Actividad 17	30 minutos
<b>Actividad 24</b>	Izaje de elemento C2	Actividad 18	30 minutos

**Tabla 4.** Programación repetitiva para el izaje de prefabricados para fachada de bodega logística.  
Elaboración propia.

Código	Actividad	Actividad predecesora	Duración
<b>Actividad 1</b>	Fabricación de prefabricados de fachada	-	7 días
<b>Actividad 2</b>	Curado de prefabricados de fachada	Actividad 1	7 días
<b>Actividad 3</b>	Transporte de prefabricados hacia el acopio de material	Actividad 2	3 horas
<b>Actividad 4</b>	Ubicación y transporte de prefabricados hasta el sitio	Actividad 3	2 horas
<b>Actividad 5</b>	Preparación del area de trabajo y herramienta menor	-	1 hora
<b>Actividad 6</b>	Acopio de material en su respectiva bodega	Actividad 4	1 hora
<b>Actividad 7</b>	Izaje de elemento tipo C9	Actividad 6	20 minutos
<b>Actividad 8</b>	Izaje de elemento tipo C8	Actividad 7	20 minutos
<b>Actividad 9</b>	Izaje de elemento tipo C11	Actividad 6	20 minutos
<b>Actividad 10</b>	Izaje de elemento tipo C10	Actividad 9	20 minutos
<b>Actividad 11</b>	Izaje de elemento tipo C11	Actividad 10	20 minutos
<b>Actividad 12</b>	Izaje de elemento tipo C10	Actividad 11	20 minutos
<b>Actividad 13</b>	Izaje de elemento tipo C3	Actividad 12	20 minutos
<b>Actividad 14</b>	Izaje de elemento tipo C1	Actividad 13	20 minutos
<b>Actividad 15</b>	Izaje de elemento tipo C4	Actividad 14	20 minutos
<b>Actividad 16</b>	Izaje de elemento tipo C2	Actividad 15	20 minutos

**Tabla 5.** Programación repetitiva para el izaje de prefabricados para fachada de bodega industrial.  
Elaboración propia.

Con la estandarización del proceso y la estimación de los tiempos que debe tomar la ejecución de cada actividad se pudo tomar control e identificar si una actividad estaba tomando mas tiempo de lo establecido por que estaba ocurriendo. Cuando se inició el izaje de prefabricados de fachada en el proyecto, este proceso podía tomar hasta dos jornadas completas de trabajo, es decir, 16 horas de trabajo contando desde el momento en que el material es acopiado en el sitio. Actualmente, producto de la estandarización y organización lograda en el proceso, el izaje de prefabricados de fachada puede tomar un poco mas de 7 horas contando desde el momento en que el material es acopiado en el sitio, siempre y cuando no se presenten imprevistos como los mencionados anteriormente en la *Tabla 3*.

## 7. CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo de la práctica académica se evidenció la importancia de contar con una herramienta de gestión que permita llevar seguimiento al avance de obra, en este caso en particular al izaje de elementos prefabricados de fachada.

Es fundamental para el avance del proyecto que el frente de producción de muros prefabricados trabaje en sincronía con el frente de izajes para evitar reprocesos y mejorar los tiempos de obra, lo que se traduce en optimizar los recursos.

Dados los resultados obtenidos con la matriz de gestión se espera que esta se escale, no solo a la instalación de fachadas, sino también a la instalación del resto de elementos que componen la estructura de las bodegas, es decir, el uso de la matriz trascienda desde los diferentes tipos de columnas y vigas hasta los muros que forman los ejes longitudinales para las bodegas que constituyen los bloques 4 y 5, que serán las próximas prioridades del Centro Logístico Industrial del Norte.

Es necesario que el frente de taller mecánico trabaje en conjunto con los demás frentes de obra, como lo son el frente de movimientos de tierra, frente de producción de prefabricados, frente de instalación de redes, frente de armado de acero y especialmente el frente de izajes puesto que este cuenta con la maquinaria más costosa del proyecto, ya que si bien hay fallas que se presentan súbitamente, hay otras que pueden ser mitigadas con anterioridad, por lo que se debe adoptar medidas que propicien la prevención de fallas mecánicas y eléctricas en la maquinaria.

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

[1] Sanabria Riaño, B. (2017). Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrapiso para edificaciones de hasta 4 niveles.

Recuperado de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15493/1/01%20DOC%20FINAL.pdf>

[2] Terán, F. (2012). Sistemas constructivos. Definiciones y conceptos básicos.  
Recuperado de:

<https://es.slideshare.net/fredyteran/sistemas-constructivos-14184659>

[3] Constructora Gomeco S.A.S. (2019). Centro Logístico Industrial del Norte.  
Recuperado de:

<https://construtoragomeco.com/project/centro-logistico-industrial-del-norte/>

[4] Construmatica. (2019). Ventajas y desventajas de la construcción prefabricada.

Recuperado de:

[https://www.construmatica.com/construpedia/Ventajas\\_y\\_Desventajas\\_de\\_la\\_Construccion\\_Prefabricada](https://www.construmatica.com/construpedia/Ventajas_y_Desventajas_de_la_Construccion_Prefabricada)

[5] Encarnacion, D. J. (2012). Conceptos generales de la programación de obra.

Recuperado de:

<https://www.monografias.com/docs/Conceptos-Generales-De-La-Programacion-De-Obra-PKZ4N2KYMZ>

[6] Cumsille Mendoza P. F. (2006). *Programación de obras repetitivas con singularidades*. Universidad de Chile. Pag 3 – 5.

Recuperado de:

[http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/cumsille\\_p/sources/cumsille\\_p.pdf?origin=publication\\_detail](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/cumsille_p/sources/cumsille_p.pdf?origin=publication_detail)

[7] Solminihac H. *Programación rítmica: ¿Cómo planificar proyectos de construcción con actividades repetitivas?* Pontificia Universidad Católica Chile.

Recuperado de:



<http://claseejecutiva.emol.com/articulos/hernandesolminihac/programacion-ritmica-planificar-proyectos-construccion-actividades-repetitivas/>

[8] Grúas y equipos García. (2019). Grúas. Recuperado de: <https://www.gruasyequiposgarcia.com/tag/gruas-2/>

