

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA**  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
**DEL PERÚ**

**APLICACIÓN DE MAPEO DE CADENAS DE VALOR EN**  
**LA ETAPA DE ACABADOS EN UN EDIFICIO**  
**MULTIFAMILIAR.**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller

**Carlos Mijail Barbaran Vizcarra**

**ASESOR: Ing. Iván Enrique Bragagnini Rodríguez**

Lima, Julio 2018

A mis padres por el apoyo emocional y  
darme la fortaleza para luchar por lo que anhelo.

A mi asesor por sus opiniones acertadas.



## RESUMEN

Actualmente, nuestros constructores de edificaciones se enfocan principalmente en la etapa de estructuras u obra gruesa dedicando poco interés en el planeamiento y control de la etapa de acabados, básicamente porque dicha etapa cuenta con una gran cantidad de subcontratistas especialistas en las diferentes partidas, por tal motivo, el contratista general pierde el enfoque de seguir y/o averiguar sobre los procesos constructivos de cada subcontratista, ya que su prioridad principal es que las partidas se culminen en el tiempo y costo programado entendiéndolo de forma global.

El objetivo de la presente investigación es estudiar el proceso constructivo como un todo y no como un conjunto de actividades aisladas de cuatro partidas de acabados, tales como pisos laminados, empapelado de muros, ventanas y puertas prefabricadas, en los cuales se analizó cuáles son las causas raíz de pérdidas más comunes y las restricciones de flujo. No obstante, se proporcionó la duración de ciclo de cada una de las actividades de las partidas y se propuso un tren de trabajo, así mismo, también se espera que el ingeniero a cargo de la planificación pueda adaptarlos al cronograma junto a las demás partidas.

Para el registro de la información se visitó un edificio multifamiliar en la ciudad de Lima con la finalidad de realizar encuestas y/o entrevistas con los involucrados directos sobre la estructura de trabajo de las diferentes partidas de acabados. Para poder planear y rescatar información importante, fue necesario establecer un marco teórico compuesto de filosofías de producción tales como, Value Stream Mapping, Transformación – Flujo – Valor, Estructura de Trabajo, la técnica de los 5 porqués, lo cual nos ayudó a identificar las oportunidades de mejora a lo largo del proceso constructivo.

Finalmente, se realiza un diagnóstico general y particular de cada una de las partidas de acabados detectando las pérdidas de flujo de proceso, así mismo se brinda un mapa del estado actual de las partidas, en el cual se detalla los tiempos de ejecución y personal involucrado. En base a ello, se ha elaborado propuestas para su mejoramiento y un estado futuro de las partidas, el cual debe ser supervisado por el ingeniero responsable. Cabe recalcar que al cabo de un tiempo, se debe realizar un mapeo del estado actual con la finalidad de verificar el nivel de cumplimiento y establecer nuevas propuestas de mejora.

## TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : “Aplicación de mapeo de cadenas de valor en la etapa de acabados en un edificio multifamiliar”  
Área : Construcción y Gestión  
Asesor : Ing. Iván Enrique Bragagnini Rodríguez  
Alumno : CARLOS MIJAIL BARBARÁN VIZCARRA  
Código : 2010.2294.412  
Tema N° : # 288  
Fecha : Lima, 28 de abril de 2017



### INTRODUCCIÓN

Las empresas constructoras en el país, le dan mayormente importancia al esqueleto estructural, descuidando las etapas posteriores de la construcción, especialmente en los acabados, ya que casi siempre es ejecutado por subcontratistas.

Por tal motivo el constructor responsable de toda la obra, tiene poco interés en el planeamiento y control de los subcontratistas de diferentes partidas, y pierde el enfoque de seguir y/o averiguar los procesos constructivos de cada subcontratista.

El trabajo de esta tesis es de investigar la problemática en la gestión de la etapa de acabados; Nos enfocaremos en cuatro partidas de acabados: piso laminado, empapelado de muros, ventanas y puertas prefabricadas, en las cuales se establecerá la estructura de trabajo.

El tener subcontratistas para las cuatro partidas que se ha escogido para este trabajo de tesis, requiere de mano de obra especializada para cada actividad y para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, la principal es la falta de conocimiento de la estructura de trabajo de cada partida ya que, si no conocemos sus procesos, es muy difícil planificarlo y controlarlo.

El interés de esta investigación es aplicar herramientas de producción y dar a conocer como una correcta estructura de trabajo planificada puede ayudarnos en la gestión de la etapa de acabados, se identificará los problemas frecuentes en la partida de acabados.

Se busca aumentar los niveles del Porcentaje de Plan Completado (PPC) disminuyendo los trabajos rehechos.

Esta investigación hará encuestas y/o entrevistas a los involucrados directos para identificar las pérdidas y restricciones más comunes; definido la estructura de trabajo se podrá incorporar un cronograma y realizar la supervisión.



#### OBJETIVO

- Establecer el panorama actual en la gestión de acabados de un edificio multifamiliar, a través de encuestas y/o entrevistas con los involucrados directos identificando las causas de pérdidas frecuentes y restricciones de flujo y finalmente realizar propuestas de mejoramiento.
- Identificar el proceso constructivo de las partidas de acabados.
- Realizar encuestas y/o entrevistas aplicando la técnica de los 5 why's a los trabajadores directos e indirectos, con la finalidad de entender la problemática.
- Aplicar la teoría de transformación, flujo y valor a las diferentes partidas de acabado con la finalidad de enfocarnos en las pérdidas.
- Brindar una lista elaborada con las restricciones frecuentes a lo largo de su instalación.
- Realizar los diagramas Value Stream Mapping.
- Brindar propuestas de mejoramiento.

#### HIPÓTESIS:

La conceptualización de un proceso constructivo a través de las filosofías de producción descritas que nos ayuda a reducir la variabilidad y aumentar el control de su ejecución.

#### PLAN DE TESIS:

##### Generalidades:

- Resumen
- Introducción
- Objetivo principal
- Objetivos específicos
- Hipótesis
- Estado del arte (revisión de la literatura)

##### Capítulo 1- Marco Teórico

- Lean Construction
- Transformación - Flujo - Valor
- Mapeo de cadenas de valor
  - Introducción al mapeo de cadena de valor
  - Mapeando el estado actual

##### Capítulo 2 -

- Work Structuring
- Five why's technique
- Metodología
  - Datos a obtener en terreno e indicadores de producción
  - Procesamiento de datos



Capítulo 3 -

- Alcance
- Estudio de cuatro partidas de acabados
  - Resultado
  - Piso laminado
  - Empapelado de muros
  - Ventanas
  - Puertas prefabricadas
  - Diagnostico general

Capítulo 4 - Propuesta

- Mejoramiento general.
- Mejoramiento de partidas.

Capítulo 5- Conclusiones, recomendaciones y comentarios

Bibliografía y anexos

NOTA

Extensión máxima: 100 páginas.

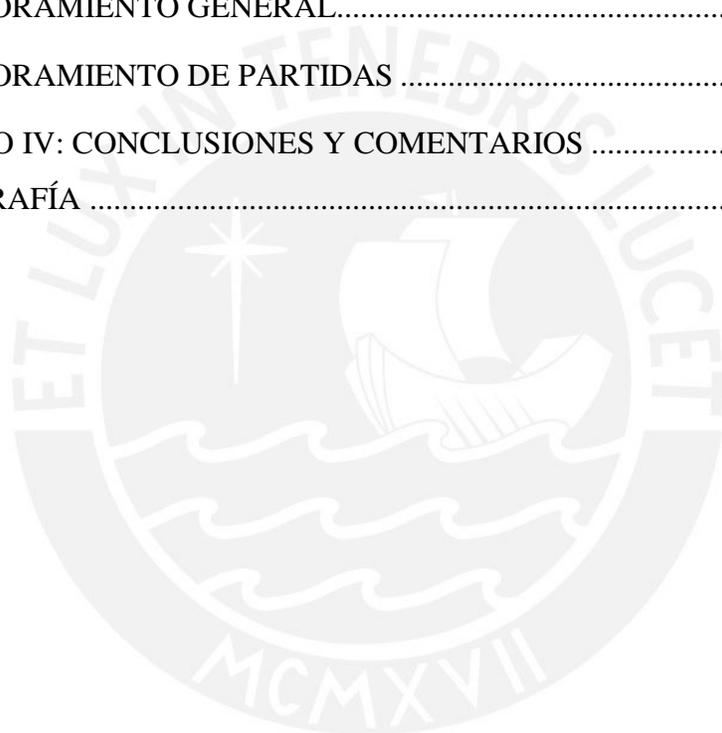


## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |     |
|---|-----|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....  | I   |
| ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....  | III |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | IV  |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                                      | V   |
| 1.- INTRODUCCIÓN:.....  | 1   |
| 2.- OBJETIVO PRINCIPAL: .....                                     | 2   |
| 3.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....                                  | 2   |
| 4.- HIPÓTESIS .....   | 2   |
| 5.- REVISIÓN DE LA LITERATURA:.....                               | 3   |
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....                                    | 10  |
| 1.- LEAN CONSTRUCTION .....                                       | 11  |
| 2.- PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....                           | 12  |
| 2.1.- Master Schedule. ....                                       | 12  |
| 2.2.- Lookahead Schedule.....                                     | 12  |
| 2.3.- Last Planner. ....  | 13  |
| 3.- TRANSFORMACIÓN – FLUJO - VALOR .....                          | 14  |
| 4.- MAPEO DE CADENA DE VALOR.....                                 | 15  |
| 4.1.- Introducción al Mapeo de Cadena de Valor.....               | 15  |
| 4.2.- Mapeando el estado actual.....                              | 17  |
| 5.- WORK STRUCTURING .....  | 17  |
| 6.- FIVE WHY’S TECHNIQUE.....                                     | 18  |
| CAPITULO II: CASOS DE ESTUDIO.....                                | 19  |
| 1.- METODOLOGÍA .....   | 19  |
| 1.1.- Datos a obtener en terreno e Indicadores de producción..... | 20  |
| 1.2.- Procesamiento de datos: .....                               | 22  |
| 2.- ALCANCE.....  | 26  |



|   |    |
|---|----|
| 3.- ESTUDIO DE CUATRO PARTIDAS DE ACABADOS..... | 27 |
| 3.1.- RESULTADO .....                           | 27 |
| 3.1.1.- PISO LAMINADO.....                      | 27 |
| 3.1.2.- EMPAPELADO DE MUROS.....                | 35 |
| 3.1.3.- VENTANAS.....                           | 43 |
| 3.1.4.- PUERTAS PREFABRICADAS.....              | 51 |
| 3.2.- DIAGNÓSTICO GENERAL .....                 | 57 |
| CAPÍTULO III: PROPUESTA.....                    | 60 |
| 1.- MEJORAMIENTO GENERAL.....                   | 68 |
| 2.- MEJORAMIENTO DE PARTIDAS .....              | 72 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS .....   | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                              | 78 |



## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

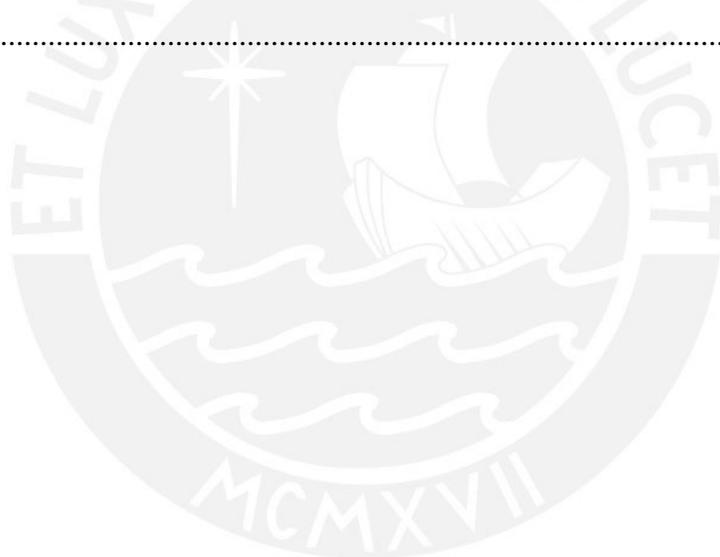
|  |    |
|--|----|
| Diagrama 1. Relación de temas. Fuente: Propia .....  | 10 |
| Diagrama 2. Planeamiento por niveles. Jorge Kuong (2018). .....  | 13 |
| Diagrama 3. Proceso Constructivo Piso Laminado. Fuente: Propia. ....   | 28 |
| Diagrama 4. Materiales, herramientas y equipos para Piso Laminado. ....  | 29 |
| Diagrama 5. Cuadrillas y Rendimiento de Piso Laminado. ....  | 30 |
| Diagrama 6. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Piso Laminado. Adaptado de Rother y Shook (1999). ....         | 34 |
| Diagrama 7. Proceso constructivo de Empapelado de muros. Fuente: Propia.....   | 35 |
| Diagrama 8. Materiales, herramientas y equipos para Empapelado de Muros. ....  | 36 |
| Diagrama 9. Cuadrillas y Rendimiento de Empapelado de Muros. ....  | 37 |
| Diagrama 10. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Empapelado de Muros. Adaptado de Rother y Shook (1999).....   | 43 |
| Diagrama 11. Proceso constructivo de Ventanas. Fuente: Propia. ....  | 44 |
| Diagrama 12. Materiales, herramientas y equipos para Instalación de Ventanas de Aluminio. ....                             | 47 |
| Diagrama 13. Cuadrillas y Rendimiento de 1 Ventana. ....   | 47 |
| Diagrama 14. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Ventana. Adaptado de Rother y Shook (1999). ....              | 50 |
| Diagrama 15. Proceso constructivo de Puerta Prefabricada. Fuente: Propia. ....   | 51 |
| Diagrama 16. Materiales, herramientas y equipos para Puertas Prefabricadas.....  | 53 |
| Diagrama 17. Cuadrillas y Rendimiento de Puertas Prefabricadas.....  | 53 |
| Diagrama 18. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Puertas Prefabricadas. Adaptado de Rother y Shook (1999)..... | 56 |
| Diagrama 19. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de piso laminado. Adaptado de Rother y Shook (1999). ....        | 63 |
| Diagrama 20. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de empapelado de muros. .  | 64 |
| Diagrama 21. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de ventanas. ....  | 65 |
| Diagrama 22. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de puertas prefabricadas. Adaptado de Rother y Shook (1999)..... | 66 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Resumen de Transformación-Flujo-Valor. Fuente: Koskela (2000). .....                             | 14 |
| Tabla 2. Símbolos VSM. Fuente: Rosenbaum (2012). .....  | 16 |
| Tabla 3. Análisis de preguntas utilizando los “5 Porqués”. Fuente: Mike Sondalini (2015). .....           | 19 |
| Tabla 4. Datos a medir en terreno. Fuente: Rosenbaum (2012). .....  | 20 |
| Tabla 5. Indicadores de productividad. Fuente: Rosenbaum (2012). .....                                    | 21 |
| Tabla 6. Cuadro de monitoreo de una actividad de un proceso constructivo. Fuente: Rosenbaum (2012). ..... | 22 |
| Tabla 7. Cuadro de monitoreo de una actividad de un proceso constructivo. Fuente: Rosenbaum (2012). ..... | 24 |
| Tabla 8. Datos registrados en campo de colocado de Piso Laminado. Fuente: Propia. ...                     | 32 |
| Tabla 9. Indicadores de productividad de colocado de Piso Laminado. Fuente: Propia. ...                   | 32 |
| Tabla 10. Datos registrados en campo de colocado de Contra zócalos y perfiles. Fuente: Propia. ....       | 33 |
| Tabla 11. Indicadores de productividad de colocado de Contra zócalo y perfiles. Fuente: Propia. ....      | 33 |
| Tabla 12. Datos registrados en campo de 1er Lijado. Fuente: Propia. ....                                  | 40 |
| Tabla 13. Indicadores de productividad de 1er Lijado. Fuente: Propia. ....                                | 40 |
| Tabla 14. Datos registrados en campo de Blanqueado. Fuente: Propia. ....                                  | 40 |
| Tabla 15. Indicadores de productividad de Blanqueado. Fuente: Propia. ....                                | 41 |
| Tabla 16. Datos registrados en campo de 1er Empastado. Fuente: Propia. ....                               | 41 |
| Tabla 17. Indicadores de productividad de 1er Empastado. Fuente: Propia. ....                             | 41 |
| Tabla 18. Datos registrados en campo de 2do Empastado. Fuente: Propia. ....                               | 42 |
| Tabla 19. Indicadores de productividad de 2do Empastado. Fuente: Propia. ....                             | 42 |
| Tabla 20. Datos registrados en campo de Empapelado. Fuente: Propia. ....                                  | 42 |
| Tabla 21. Indicadores de productividad de Empapelado. Fuente: Propia. ....                                | 43 |
| Tabla 22. Propuesta de tren de actividades de fase de acabados en estudio .....                           | 67 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1. Planta típica de Edificio Plaza La Bandera. ....  | 26 |
| Ilustración 2. Partida de Piso Laminado incompleto. Fuente: Propia. ....   | 31 |
| Ilustración 3. Aberturas en Piso Laminado. Fuente: Propia.....   | 31 |
| Ilustración 4. Cambio de posición de tablero eléctrico. Fuente: Propia.....  | 39 |
| Ilustración 5. Quiñe en derrame de ventana. Fuente: Propia. ....   | 39 |
| Ilustración 6. Ventana de aluminio. Recuperado de: <a href="http://aluminiosnoustil.com/wp-content/uploads/2014/10/aluminio.jpg">http://aluminiosnoustil.com/wp-content/uploads/2014/10/aluminio.jpg</a> ..... | 46 |
| Ilustración 7. Ventana descuadrada. Fuente: Propia. ....   | 49 |
| Ilustración 8. Ventana descuadrada. Fuente: Propia. ....   | 49 |
| Ilustración 9. Marco descuadrado de Puertas Prefabricadas (dep. 201). Fuente: Propia. ....   | 55 |
| Ilustración 10. Marco descuadrado de Puertas Prefabricadas (dep. 203). Fuente: Propia. ....  | 55 |



## 1.- INTRODUCCIÓN:

En nuestro país se ha empezado a investigar sobre la implementación de herramientas Lean en la gestión de los proyectos de construcción (Brioso et al. 2016; Brioso 2015 a). Estas investigaciones principalmente se enfocan en la etapa de estructuras (Villagarcía 2011), especialmente en la fase de la superestructura, mostrando resultados en la mejora de la planificación (Brioso et al. 2017 a), gestión de seguridad (Brioso 2017; Brioso 2013; Brioso 2005), implementación en las obras (Lévano 2011), gestión contractual (Brioso y Humero, 2016), entre otras. Sin embargo, la evaluación y análisis de la fase de acabados aún es incipiente, a pesar de la gran importancia que esta etapa reviste en la calidad final y valor del proyecto, y en el cumplimiento de los plazos de obra. La presente investigación se refiere al tema de la problemática en la gestión de la etapa de acabados, que se puede definir como la falta de planificación, seguimiento y control de las partidas. Nos enfocaremos en cuatro partidas de acabados, tales como piso laminado, empapelado de muros, ventanas y puertas prefabricadas. Abarcaremos la estructura de trabajo, las restricciones, los flujos de procesos, lo cual es importante para establecer un diagnóstico del estado actual de las partidas. La característica principal de la problemática de acabados es la contratación de diferentes subcontratistas, dado que se requiere de mano de obra especializada para cada actividad. Por otro lado, el poco interés que se le brinda a esta etapa, ya que para los constructores la prioridad es el término de la etapa de casco. Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas (Brioso et al. 2017 b). Una de ellas es la falta de conocimiento de la estructura de trabajo de una partida, ya que si no conocemos el proceso constructivo difícilmente podremos planificarlo y consecuentemente controlarlo, dentro de un cronograma junto a otras partidas de acabados.

El interés de esta investigación es aplicar herramientas de producción con la finalidad de mantener un proceso fluido entre actividades detectando previamente las restricciones y sus requerimientos, así mismo, identificar los problemas frecuentes en la partida de acabados. Como consecuencia se busca aumentar los niveles de PPC (Porcentaje de Plan Completado) disminuyendo los trabajos rehechos, ya sea por baja calidad, mala comunicación en la definición del diseño entre Contratista – Subcontratista, etc. (Ballard,

2002). La investigación considera encuestas y/o entrevistas a involucrados directos con la finalidad de recabar información sobre los procesos constructivos, las pérdidas de transformación-flujo-valor y restricciones más comunes. Finalmente, se presenta un mapa del estado futuro y recomendaciones para desarrollar una adecuada ejecución de las partidas de acabados.

## 2.- OBJETIVO PRINCIPAL:

Establecer el panorama actual en la gestión de acabados de un edificio multifamiliar, a través de encuestas y/o entrevistas con los involucrados directos identificando las causas de pérdidas frecuentes y restricciones de flujo y, finalmente, realizar propuestas de mejoramiento.

## 3.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar el proceso constructivo de las partidas de acabados.
- Realizar encuestas y/o entrevistas aplicando la técnica de los 5 Why's a los trabajadores directos e indirectos, con la finalidad de entender la problemática.
- Aplicar la teoría de transformación, flujo y valor a las diferentes partidas de acabado con la finalidad de enfocarnos en las pérdidas.
- Brindar una lista elaborada con las restricciones frecuentes a lo largo de su instalación.
- Realizar los diagramas Value Stream Mapping.
- Brindar propuestas de mejoramiento.

## 4.- HIPÓTESIS

- La conceptualización de un proceso constructivo a través de las filosofías de producción descritas nos ayuda a reducir la variabilidad y a aumentar el control de su ejecución.

## 5.- REVISIÓN DE LA LITERATURA:

### **5.1.- La Administración de los Materiales en la Construcción. - Solís Carcaño.**

La gran cantidad de materiales presente en una construcción crea la necesidad de brindar importancia al proceso de la administración de los mismos. La administración de los materiales incluye los procesos de planeación, negociación, pedido, recepción, almacenamiento, uso, pago y control (Carcaño, 2009). Actualmente la administración de materiales no son tomados en cuenta desde la planeación del proyecto, por el contrario se les da importancia en la ejecución del proyecto, de tal manera que su almacenamiento y su distribución no se vean obstruidas por otras actividades. La utilidad de la empresa depende en gran medida a la buena administración de los materiales. Su gestión tiene como restricciones la financiación y el almacenamiento, ya que por lo general en un proyecto los espacios son mínimos y los materiales son de gran volumen.

La Planeación: Se debe tener en cuenta las necesidades del cliente o inversionistas, además del proceso constructivo seleccionado, el cronograma, el presupuesto de obra, etc. Es importante definir el metrado de la partida correspondiente para tener una visión del costo aproximado (se incluye un porcentaje de desperdicio). Por otro lado, se propone realizar un seguimiento a través de una hoja electrónica, en la cual se detalla el presupuesto correspondiente al avance que se obtiene en obra (Hoja electrónica de integración de insumos y avances programados - HEIAP). También se define los lotes de material con fechas específicas de llegada a la obra. Finalmente es importante detallar la logística de la distribución del material, es decir adecuar rutas de acceso para el transporte del material, espacios adecuados, etc.

La Negociación: Se inicia con la elaboración de un formato de solicitud de cotización, el cual es enviado a los proveedores pertinentes en el mercado. Con las cotizaciones devueltas de los proveedores, se realiza un análisis de los precios y finalmente se selecciona los posibles proveedores, con los cuales se discuten respecto al tiempo de entrega, créditos, términos contractuales y garantías.

El Pedido: El área de producción solicita el tipo y cantidad de material, luego esto es procesado por el encargado de compras y aprobado por un gerente de compras, que finalmente es enviado al proveedor.

La Recepción: Una vez entregado el material en obra, el encargado de almacén debe verificar sus especificaciones, su integridad y su cantidad. En el caso de cumplir con los datos de compra, el encargado de almacén le firma la nota de remisión, por el contrario, de suceder alguna anomalía se reporta al área de producción y al área de compras y finalmente realizar la renegociación del pedido.

El Almacenamiento: Se sugiere que los materiales estén ubicados en un lugar cercano a su instalación con la finalidad de evitar acarreos innecesarios y la cantidad suficiente para la jornada o día de trabajo.

El Uso: Los trabajadores de las diferentes partidas de construcción se acercan al encargado de almacén para solicitar la salida de materiales, normalmente se despacha los materiales necesarios para el día de trabajo.

El Pago: Las notas de remisión son reenviadas vía correo electrónico a diferentes involucrados con la finalidad de avalar el proceso. Luego el proveedor emite un documento con valor contable y fiscal a la empresa constructora, este documento es la denominado la factura que luego la empresa la canjea por un contra recibo, lo cual afirma su compromiso con el pago.

El control: Se verifica el cronograma de obra con el cronograma de avance para supervisar un avance adecuado y tomar las respectivas decisiones en caso de retraso.

## **5.2.- Aplicación de mapeo de cadenas de valor para la detección de pérdidas productivas y medioambientales en la construcción: Estudio de caso en obra “Clínica Universidad de los Andes”. – Rosenbaum Videla.**

Se ha consultado el trabajo de grado de Sergio Rosenbaum Videla. Este trabajo realiza un análisis del mapeo de cadenas de valor para 5 partidas de la construcción en la etapa de casco tales como, losas, columnas, muros, radieres y fundaciones. El objetivo es identificar el rendimiento en cada actividad de las 5 partidas registrando tiempos que

agregan valor, así como los que no agregan valor. También se considera un análisis medioambiental, en el cual se registra los gastos de energía por parte de las bombas de hormigonado y los residuos de las partidas.

La tesis comienza definiendo los indicadores a estudiar en las partidas, luego recopila los datos en terreno y con ello elabora un diagnóstico obteniendo así, el primer mapeo del estado actual. Rosenbaun afirma que, el registro de las diferentes pérdidas o falta de planeamiento, por sí solo carece de valor, si no se extraen conclusiones para luego ser aplicadas. Finalmente se elabora el mapeo del estado futuro, que muestra un flujo de trabajo con un mejor rendimiento y restricciones liberadas.

Después de identificado una variedad de deficiencias en las partidas, se realizan propuestas de mejoramiento. Por ejemplo, en cuánto a la planificación y control del proyecto, se propuso discutir acerca de los avances semanales con la finalidad de identificar los problemas y/o restricciones, de esta manera se pueden brindar soluciones. Así mismos se fortalece el compromiso de los trabajadores, ya que se les está brindando soluciones.

Cabe recalcar que las propuestas de mejoramiento y la propuesta del mapeo de estado futuro no necesariamente se cumplen, es por ello que después de cierto tiempo se debe volver a realizar el mapeo de estado actual, con la finalidad de identificar las nuevas pérdidas de producción presentes y las que no se pudieron absolver para brindar nuevas propuestas. Se busca generar un mapeo continuo del trabajo hasta alcanzar un flujo óptimo.

### **5.3.- Problemática en la etapa de acabados de edificios multifamiliares y recomendaciones para mejorar la confiabilidad de la programación. – Ángela Pimentel Mamani.**

Se ha consultado el trabajo de grado de Ángela Pimentel Mamani. El trabajo comienza analizando la baja confiabilidad de la producción en la etapa de acabados. Y es que los ingenieros y arquitectos se enfocan primordialmente en culminar la etapa de casco y cuando llegan a la etapa de acabados el control y los avances se tornan desordenados y en consecuencia disminuye la productividad. Esto sucede, ya que en dicha etapa las

actividades a realizarse suelen ser mayores y por ende se subcontrata muchos subcontratistas. Por otro lado, en la etapa de acabados difícilmente se puede programar un tren de actividades, ya que lo que sucede en un metro cuadrado de cocina es totalmente diferente en un metro cuadrado de dormitorio. Es así que se forma la problemática en dicha etapa y que en este proyecto se trata de dar pautas para mejorar la programación y control de un proyecto.

Este trabajo tiene como marco teórico la filosofía de Lean Construction, Lean Project Delivery System, Work Structuring, Production Control, Wastes in Construction, los cuales son herramientas para elevar el nivel de la productividad, identificar los trabajos que agregan y no agregan valor, además de la correcta planificación de las actividades.

Se analizan cuatro partidas de acabados tales como, pintura interior, enchapes, puertas de madera y mueble de cocina y closets. La metodología utilizada es hacer entrevistas a los operarios de las partidas, así como a los ingenieros y arquitectos. La información recopilada consiste primero en identificar el proceso constructivo, con la finalidad de identificar las actividades de las que está compuesta; cuadrillas y rendimiento, con la finalidad de identificar los operarios necesarios por actividad de una partida; Pérdida de transformación – Flujo – Valor, con la finalidad de identificar los diferentes tipos de pérdida y lo que agrega valor, finalmente se elabora el mapa del estado actual, el cual nos brinda información de las duraciones, así como, el personal involucrado de cada una de las actividades de una partida de acabado.

Una vez conocido los procesos constructivos y sus respectivas duraciones es más fácil realizar una programación, ya que conocemos la forma de trabajo y el tiempo promedio que dura una actividad. De este modo se realizó los cronogramas de la partida de acabados utilizando líneas balances, esta herramienta nos ayuda a tener una mejor visualización del cronograma. Por otro lado, Ángela propone utilizar la herramienta Pull Planning, el cual busca un trabajo de forma colaborativa entre los subcontratistas y los ingenieros.

#### **5.4.- Value Stream Macro Mapping – A case study of aluminum windows for construction supply chain. – Patricia Fontanini y Flavio Picchi.**

Este paper presenta un caso de estudio de la aplicación de la herramienta desde la materia prima hasta la instalación de los componentes de aluminio. La finalidad de este trabajo es identificar los diferentes pérdidas a lo largo de la cadena de suministros, los cuales son diseñadores, contratistas, fabricante de ventanas de aluminio y fabricantes de aluminio.

Para mantener un flujo constante para la fabricación de un producto o servicio se requiere de materiales, equipos, mano de obra, etc. Se ha realizado entrevistas a cada agente de la cadena de suministros con la finalidad de identificar los diferentes tipos de pérdidas que hay en cada etapa y finalmente se dibujó un mapa del estado actual (se aplican las mejoras de los procesos). Cabe recalcar que a diferencia de la fabricación de un producto en una fábrica, (en la que existen procesos tales como, diseño de productos, ofertas, producción y cadena de suministros) en la construcción tenemos una gran cantidad de involucrados

Utilizando herramientas de la filosofía Lean, se propuso un mapa futuro, es decir se hicieron sugerencias para reducir el lead time y reducir los inventarios, de este modo se obtuvo una reducción al 95% respecto de los inventarios inicialmente. VSMM ayuda a: unificar el lenguaje entre todos los participantes, visualizar todos los procesos de los que está compuesto, identificar pérdidas, generar un plan de implementación para reducir lo que no agrega valor, finalmente identifica la falta de información entre los agentes de cada proceso.

Se ha identificado la siguiente familia de procesos. Alcoa Company, encargada de la extracción de bauxita (material primario para la fabricación de aluminio); Lumibox Company, encargado de la fabricación de los componentes de aluminio para ventanas; Constructora Concima, encargada de la instalación de los componentes de aluminio en la obra de construcción. Por otro lado, se identificó las actividades correspondientes a la constructora Concima tales como, recepción e inspección, instalación y verificación.

### **5.5.- Integrating The Design Structure Matrix and The Last Planner System Into Building Design– Eduardo Rosas.**

Esta investigación está enfocada a tratar de minimizar los errores de las especificaciones que existen entre los que diseñan el producto y el cliente. Muchos de los errores en el diseño recaen en la pobre comunicación y los constantes cambios en los requerimientos. Para ello, Eduardo Rosas presenta la metodología de la Matriz de Estructura de Diseño como una herramienta que nos permite tener una mejor visualización de las necesidades del cliente y como estas se entrelazan entre sí, es decir, establecer las relaciones de precedencia.

El proceso de diseño consta de 4 etapas (Análisis, Síntesis, Evaluación, Decisión). Análisis, refiere a la interpretación de las ideas brindadas por el cliente organizándolas y estructurándolas; Síntesis, refiere a las alternativas de solución de los requerimientos del cliente; Evaluación, compara las soluciones con los objetivos del cliente que deben ser los definidos en el análisis; Decisión, en esta etapa se elige la alternativa que satisfaga los objetivos del cliente.

DSM es una herramienta que nos permite tener una mejor visualización, ya que ubicamos las actividades de un proceso en una matriz, además de poder hacer el secuenciamiento. Por ejemplo, dos actividades pueden ser: dependientes, es decir una seguida de la otra; independientes, es decir no se necesita concluir una para continuar la otra; finalmente interdependientes, una actividad puede depender parcialmente de la otra.

Por otro lado, LPS es una herramienta que nos permite generar programaciones de nuestras actividades a diferentes niveles (Macro, detallado), es decir, si quiero realizar la programación de un proyecto de edificación, programaré entregables o actividades generales de las actividades y conforme se acerque la ejecución de un entregable, procederemos a programar las actividades con mayor detalle. En este caso, se aplica una herramienta de control, porcentaje del plan cumplido (PPC), la cual nos indica el nivel de cumplimiento de nuestras actividades programadas por semana. Se ha identificado las faltas de cumplimiento más comunes, las cuales son: cambios de los requerimientos del cliente, falta de entendimiento en el diseño, deficiente planeamiento y otros.

## 5.6.- Resource Optimization for Modular Construction through Value Stream Map Improvement– Mana Moghadam y Mohamed Al-Hussein

Esta investigación está enfocada a reducir la variabilidad en los tiempos de ejecución de cada estación de trabajo a través de herramientas estadísticas. Conscientes de la demanda de personalización del producto y los recursos requeridos en cada actividad aplican una fórmula estadística, la cual uniformiza su producción. Para ello, utilizan elemento prefabricados con la finalidad de reducir pérdidas en el proceso y tiempos de espera.

Value Stream Mapping es una herramienta que representa gráficamente el flujo de los materiales y de la información a lo largo de cada actividad del proceso constructivo. Primero, VSM identifica cuáles son las actividades, los recursos empleados y la duración de las actividades, de esta manera determina un estado actual del proceso constructivo; Segundo, propone mejoras en la producción y a través de una fórmula probabilística calcula el tiempo requerido para una actividad o actividades del proceso constructivo obteniendo así un estado futuro.

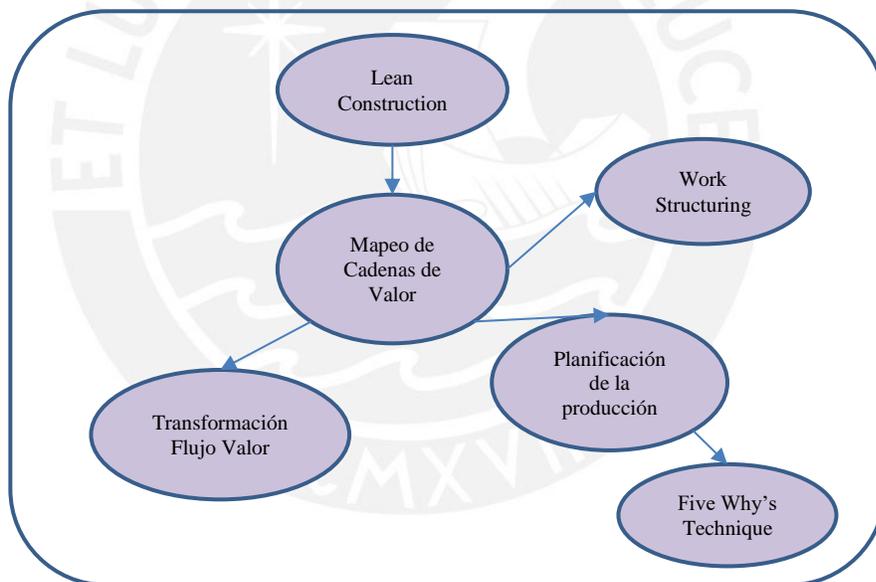
Caso de Estudio: El producto es el enmarcado de paredes, para ello se va a utilizar módulos prefabricados, las cuales tienen dimensiones diferentes, recursos diferentes (clavos, ventanas, puertas). Se llevó a cabo un estudio de tiempo, el cual consistió en registrar las duraciones de tiempo de 11 módulos, a través de sus 16 estaciones de trabajo con la finalidad de poder calcular a través de distribuciones estadísticas el tiempo requerido para un módulo de dimensión “x” con características “y”.

La fórmula consiste en convertir la dimensión del módulo (longitud) y características (# clavos, # ventanas, # puertas) a una sola variable que será la longitud convertida ( $CL = \alpha * S + \beta * D + \gamma * W + \delta * J$ ). Para hallar el valor de los coeficientes ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ) la herramienta se vale de distribuciones estadísticas (Distribución Normal, Log Normal, Beta, Gamma, Exponencial, Chi cuadrado) que mejor se adapten a la distribución de variables.

Finalmente, se tiene mapeado el estado actual del proceso constructivo. Luego se procede a brindar las recomendaciones de mejora, así como identificar las actividades que no agregan valor. Con esta información y nuestra fórmula estadística se plantea un estado futuro que servirá para programar las actividades de forma eficiente.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.

Desarrollaremos seis temas de mejora en la productividad que nos ayudan a enmarcar el resultado: (1) Desarrollo del concepto de Lean Construction; (2) Se explica los diferentes tipos de cronogramas que se manejan en obra y cuál es el que se va a utilizar en este proyecto; (3) La teoría de transformación-flujo-valor revisa cada aspecto de un proceso constructivo desde la perspectiva del valor; (4) El Mapeo de Cadenas de Valor, herramienta que identifica la secuencia de actividades, rendimientos, tiempos de espera, inventarios de materiales, etc; (5) El Work Structuring determina que trabajo debe ser hecho y su respectivo responsable; (6) Finalmente para entender las causas de no cumplimiento de cronogramas recurrimos a la técnica de los 5 Porqués, el cual consiste en llegar a la causa raíz de un problema preguntando y respondiendo porqué las veces que sean necesarias.



*Diagrama 1. Relación de temas. Fuente: Propia*

## 1.- LEAN CONSTRUCTION

Es una filosofía enfocada en la producción vista como un flujo, tanto de información como de materiales, además a través de las cadenas de valor identifica cuales son los requerimientos o necesidades del cliente para agregar valor al producto (Koskela 1992). La filosofía Lean considera un proyecto como un flujo de procesos, que abarca el diseño y la construcción del proyecto, los cuales están relacionados con el flujo de materiales, equipos, información, personal, etc. (Koskela 1999). Las técnicas del Lean Construction se puede integrar de manera flexible con la de los sistemas de gestión (Brioso 2015 b).

Por otro lado, es importante definir el concepto de productividad, la cual se define como la cantidad producida y lo gastado en ello (recursos humanos para la transformación de los materiales). La productividad es la eficiencia con que los recursos son manejados para obtener un avance de obra, es decir que agregue valor al proyecto, este debe cumplir con los plazos establecidos y con la calidad demandada. Podemos decir que el material que ingresa, atraviesa un proceso de transformación para convertirse en un producto o servicio.

Los recursos empleados en la construcción son:

- Los materiales.
- La maquinaria y equipos.
- La mano de obra.

También en la construcción se conocen tres tipos de productividades.

- Productividad de los materiales: Refiere al control de los desperdicios generados en obra.
- Productividad de la maquinaria: Por su alto costo, debe ser empleado justificadamente.
- Productividad de la mano de obra: Es un factor importante, ya que depende de la eficiencia del personal obrero para el avance productivo.

Existen otros muchos factores que disminuyen la productividad en obra, es por ello que saber identificar los factores negativos, nos permitirá realizar cambios positivos en el proceso, de tal modo de reducir su impacto y consecuentemente enfocarnos en aquellos factores positivos que nos ayudan a ser más eficientes con la finalidad de aprovecharlos cuando sea necesario.

## 2.- PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

La planificación es el proceso de realizar un análisis integral, una visión de largo plazo, y elaborar las estrategias a seguir, y el cronograma de obra es el resultado del planeamiento hecho en conjunto con los involucrados estratégicos del proyecto. Para planificar se consideran algunos supuestos; por ejemplo, disponibilidad de proveedores, diseño invariable, disponibilidad de mano de obra/materiales, clima favorable, rendimientos óptimos y para cumplir con nuestro objetivo es importante manejar adecuadamente la incertidumbre que representan los supuestos (Jorge Kuong, 2018). Por otro lado, los proyectos suelen ser complejos por lo que es necesario representar el planeamiento en diferentes niveles de desglose de trabajos ya que cada tipo de cronograma cumple diferentes funciones. Inicialmente nos enfocamos en lo que DEBE hacerse (alcance), pero debido a las incertidumbres de los supuestos o restricciones propias de los procesos no todo PUEDE hacerse, por lo tanto tenemos que identificar los trabajos que no tienen restricciones y comprometer al equipo para que lo coordinado sea lo que SE HARÁ (Ballard 2000; Ballard 1997).

### 2.1.- Master Schedule.

Es un cronograma con enfoque general que no requiere un nivel de desarrollo mayor ya que su objetivo es visualizar las fechas hito, fecha de inicio, fecha fin, la ruta crítica, etc. Para su elaboración participan por lo general el gerente de operaciones, Residente, Jefes de Área de obra y subcontratistas claves. En este nivel se muestran las partidas gruesas con hasta 1 o 2 niveles de jerarquía y representa lo que DEBE hacerse del proyecto y en los siguientes niveles se comienza a profundizar e identificar las restricciones de las actividades. (Ballard 2000).

### 2.2.- Lookahead Schedule.

Es un cronograma que define los trabajos a realizarse en las próximas 3 a 6 semanas con nivel de incertidumbre menor al del Master Schedule. Se descompone el Cronograma Maestro en paquetes de trabajo y operaciones relacionándolos de manera secuencial y estableciendo una determinada cantidad de trabajo de acuerdo a la cantidad y capacidad del personal. En este nivel se identifican todas las restricciones de los trabajos programados con sus respectivos responsables y fechas de acuerdo a la prioridad para que sean eliminados. En la presente tesis se proporcionará un lookahead schedule de las

partidas de acabados en estudio donde se aplicarán los conceptos antes mencionados. (Ballard 2000).

### 2.3.- Last Planner.

Su traducción al español es “último planificador” y significa básicamente que el trabajo que se ejecutará es lo que se coordina con el personal que estará a cargo de la ejecución de las actividades, estas personas pueden ser maestro de obra, capataz, etc. El cronograma define los trabajos a realizarse en la siguiente semana y para su elaboración es importante que participen, residente, jefes de área, maestro de obra, capataces. Los temas a tratarse deben ser básicamente las causas raíz del porqué no se cumplieron al 100% las actividades programadas la semana anterior, el levantamiento de las nuevas restricciones de la semana entrante, y el compromiso de los involucrados (Ballard 2000).

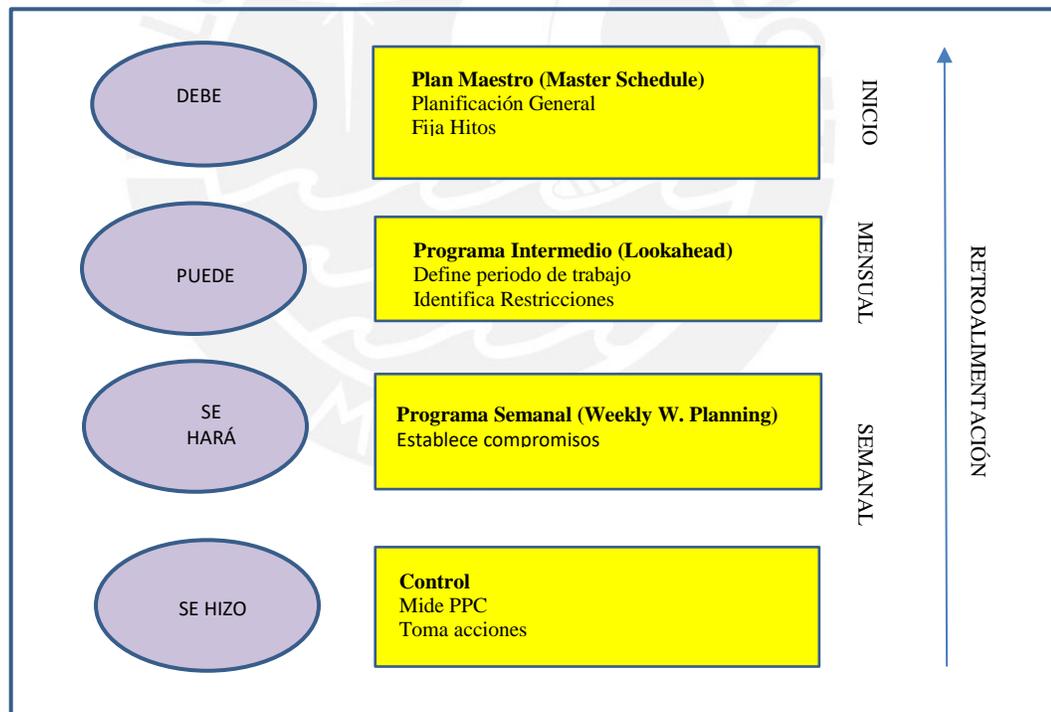


Diagrama 2. Planeamiento por niveles. Jorge Kuong (2018).

### 3.- TRANSFORMACIÓN – FLUJO - VALOR

La teoría de Transformación – Flujo – Valor de Koskela (2000), ofrece un mayor entendimiento de un proceso de producción. Es importante conceptualizar dicho proceso, ya que de este modo identificamos lo que agrega valor propiamente al producto para poder reforzarlo y lo que no agrega valor para poder reducirlo o eliminarlo.

**Transformación:** Se entiende como un conjunto de entradas, tales como materiales, equipos y mano de obra que a través de un proceso de “transformación”, se obtienen un conjunto de salidas, tales como un producto o un servicio.

**Flujo:** Se entiende como la secuencia de actividades libre de restricciones para un proceso continuo, es decir, se espera reducir los tiempos de espera por materiales, se elimina los desperdicios a tiempo, se busca un rendimiento óptimo, etc.

**Valor:** Se da prioridad a los requerimientos del cliente, ya que la transformación por sí misma no agrega valor al producto, si no es lo que solicitó el cliente. Por lo tanto, primero se tiene que realizar el diseño del producto acorde a los requerimientos del cliente, luego en base de la información se establece la fecha de entrega y finalmente se procede a la ejecución del producto con todas las especificaciones.

|  | Vista de transformación  | Vista de flujo   | Vista de generación de valor  |
|--|--|--|---|
| Concepción de producción.                                | Transformación de entradas en salidas.                             | Flujo de material, compuesto de transformación, inspección, movimientos y esperas. | Proceso en el que se crea valor para el cliente, mediante la satisfacción de sus requerimientos.    |
| Principios fundamentales.                                | Producción de forma eficiente.                                     | Eliminación del desperdicio (actividades, que no añaden valor).                    | Eliminación de pérdida de valor (alcanzar valor en relación con el mejor valor posible).            |
| Métodos y prácticas (ejemplos).                          | Estructura de descomposición del trabajo (WBS), MRP, organigramas. | Flujo continuo, sistema de producción pull, mejora continua.                       | Métodos para captura de requerimientos. Despliegue de la función de calidad (QFD).                  |
| Contribución práctica.                                   | Prestar atención a lo que se tiene que hacer.                      | Prestar atención a hacer lo menos posible aquello que es necesario.                | Prestar atención en que los requerimientos del cliente sean satisfechos de la mejor manera posible. |
| Nombre sugerido para la aplicación práctica del enfoque. | Gestión de tareas.   | Gestión del flujo.   | Gestión del valor.  |

*Tabla 1. Resumen de Transformación-Flujo-Valor. Fuente: Koskela (2000).*

#### 4.- MAPEO DE CADENA DE VALOR.

##### 4.1.- Introducción al Mapeo de Cadena de Valor.

Es una herramienta que permite observar los elementos que agregan valor y los que no agregan valor a través de gráficos, la finalidad es comunicar y mantener el flujo de material y de información. Una vez identificado los problemas en el estado actual se ofrecen soluciones adecuadas para mejorar el rendimiento o solucionarlos en el futuro. Cabe recalcar que en un futuro se debe realizar un mapeo de la cadena actual con la finalidad de determinar las nuevas pérdidas o las que no se solucionaron del todo con las primeras recomendaciones.

Value Stream Mapping consiste en analizar “el proceso constructivo como una cadena de valor en la que entran materias primas y salen productos para un cliente” (Rosenbaum, 2012, p. 02). En este proceso podemos identificar procesos de conversión así como proceso de flujos, este último abarca los movimientos, inspecciones y esperas y son los que no agregan valor al proyecto, pero que asisten a la preparación del material a instalar o a un servicio.

El mapeo de cadena de valor MCV ayuda a identificar e incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor al producto, así mismo reducir las actividades que no agregan valor al producto. Además se espera que se reduzcan los ciclos de ejecución, así como la variabilidad.

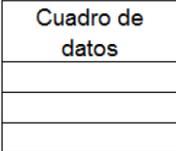
| Símbolo   | Nombre                  | Significado  |
|---|-------------------------|--|
|    | Agente externo.         | Representa un proveedor o cliente.   |
|    | Actividad               | Representa una actividad procesando unidades.  |
|    | Flujo                   | Producción.  |
|    | Transporte              | Representa el transporte de material de un lugar externo, al sitio de obra.                        |
|    | Almacén.                | Representa el lugar de depósito de materiales y equipos.   |
|   | Inventario              | Representa el inventario acumulado.  |
|  | Oportunidad de mejora   | Representa un evento kaizen y las mejoras a implementar.   |
|  | Información manual      | Representa un flujo de información por medios manuales.  |
|  | Información electrónica | Representa un flujo de información electrónica.  |
|  | Línea de tiempo         | Muestra en sus valles el tiempo de actividades que agregan valor y en los montes el de las que no. |
|  | Cuadro de datos.        | Representa los datos de los indicadores.   |

Tabla 2. Símbolos VSM. Fuente: Rosenbaum (2012).

#### 4.2.- Mapeando el estado actual.

Acorde a Rother y Shook en 1999, se debe considerar lo siguiente:

- Estar presente durante el proceso constructivo rescatando información sobre el estado actual, con la finalidad de identificar las fuentes de pérdidas y realizar propuestas de mejora.
- Realizar un recorrido rápido a lo largo del proceso para identificar la secuencia de actividades, luego regresar y recopilar información en cada actividad.
- Registrar los tiempos con un cronómetro, no es válido guiarse por información estándar, en el caso de la construcción, no nos podemos guiar por rendimientos de revistas, por el contrario debemos obtener la información del proceso real.
- Mapear todo el proceso por una sola persona, a pesar de que varias estén involucradas, ya que cada uno puede tener un criterio diferente.

#### 5.- WORK STRUCTURING

El “Trabajo Estructurado” es un nuevo concepto del diseño del proceso y del producto. Una vez identificado la estructura de un proceso y con los recursos a tiempo, entonces el flujo de trabajo se vuelve más confiable, acorde a Tsao (1998).

Dentro de la estructura de trabajo se añaden tres conceptos:

Production Units: "Un grupo de trabajadores directos de producción que hacen o comparten la responsabilidad de un trabajo similar, a partir de las mismas habilidades y técnicas " (LCI, 2004).

Work Chunk: Es una unidad de trabajo que puede ser añadido a una unidad de producción, es decir, puede combinarse con otras tareas con la finalidad de entregar un producto.

Handoffs: Es la habilidad de vincular las unidades de producción con los trabajos más pequeños “work chunk”, con la finalidad de liberar una unidad de producción para una siguiente unidad de producción.

## 6.- FIVE WHY'S TECHNIQUE

El método consiste en realizar porqués en forma sucesiva con la finalidad de averiguar las causas secundarias hasta llegar a la causa generadora del problema (Liker 2004; Rybkowski 2009). Esta técnica se utiliza cada vez que tengamos un problema o cuándo una situación no esté del todo clara. Rosenfield (2014) propone que el análisis de causa raíz no sea simplemente una expresión arbitraria, sino una metodología bien estructurada que se pueda utilizar como parte del enfoque de gestión de la calidad total. Cuando en una situación está involucrado el factor humano se dice que la situación se torna un poco estresante. Para comenzar a utilizar la técnica se pregunta por qué ocurrió esta situación, seguidamente se obtiene una respuesta, la cual muy probablemente no sea la causa raíz sino solo un síntoma, por ello en base a la respuesta obtenida se vuelve a formular la pregunta, es decir la respuesta de la persona, ahora se convierte en pregunta, así sucesivamente podemos llegar a obtener varias respuestas parciales hasta llegar a la causa raíz. Si bien este método se llama la técnica de los 5 porqués, hay casos en los que es necesario preguntar hasta 7 veces porqués, ya que la situación puede tornarse compleja o porque las respuestas no han sido totalmente claras.

Por otro lado, como una solución que ofrece más alternativas se presenta “Why Tree”. Esta técnica consiste en describir varias causas a la vez, es decir varias causas al preguntar el primer porqué, con la finalidad de obtener una gama de posibles razones y tener la oportunidad de identificar cuál de ellas tiene mayor prioridad. Luego se procede a realizar la técnica de los 5 porqués para cada razón, de esta manera se amplía la posibilidad de encontrar la causa principal del problema.

| Tabla de preguntas "Los 5 Porqués"             |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Why Questions?                                 | Respuestas.  | Evidencia.                                   | Solución.  |
| ¿Por qué el carro se detuvo?                   | Debido a que se quedó sin gasolina en una calle de camino a casa.      | El coche se detuvo al lado de la carretera.  |  |
| ¿Por qué se quedó sin gasolina?                | Debido a que yo no puse gasolina hoy en la mañana de ida a mi trabajo  | Indicador de gasolina mostraba vacío         | Contáctese con alguien del trabajo para que lo recoja. |
| ¿Por qué no compró gasolina esta mañana?       | Debido a que no tenía dinero.  | Su billetera estaba sin dinero               | Tener una tarjeta de crédito en la billetera.          |
| ¿Por qué no tenía nada de dinero?              | Porque perdí todo mi dinero jugando póker con mis amigos.              | Todos los martes juega póker con sus amigos. | Dejar de jugar póker.                                  |
| ¿Por qué perdiste dinero anoche jugando póker? | Porque no soy bueno mintiendo cuando no tengo una buena mano de póker. | Ha perdido dinero en otros juegos de póker   | Ir a una academia de póker y aprender a disimular.     |

*Tabla 3. Análisis de preguntas utilizando los "5 Porqués". Fuente: Mike Sondalini (2015).*

## CAPITULO II: CASOS DE ESTUDIO.

### 1.- METODOLOGÍA

La finalidad de este proyecto es identificar las pérdidas más frecuentes y optimizar los tiempos de ejecución en cada actividad del proceso constructivo en la etapa de acabados de diferentes partidas de un edificio multifamiliar, en el cual tuve participación directa con los involucrados, tales como el gerente de proyecto, el arquitecto, el ingeniero y los subcontratistas. Para ello, se ha realizado una encuesta tanto a los profesionales responsables como a personal obrero sobre las causas que desencadenan una pérdida de la productividad, luego se ha registrado las duraciones de las actividades que comprende una partida (tiempos de ejecución y tiempos muertos) y las pérdidas de materiales ya sea por residuos excesivos o por la compra adicional de materiales (plástico, cartones) con la finalidad de proteger un trabajo. Finalmente, con la información recopilada se ha estandarizado los tiempos de ejecución, se ha identificado las restricciones de cada actividad, se ha identificado las pérdidas más comunes con la finalidad de adaptarlo a un cronograma óptimo, en el cual las actividades puedan fluir.

En este trabajo de investigación nos hemos apoyado de información del expediente técnico con el objetivo de obtener los metrados e información de los procesos constructivos.

1.1.- Datos a obtener en terreno e Indicadores de producción.

Rosenbaum (2012) en su tesis de grado propone diversas fórmulas adaptadas a la construcción para medir los índices de contribución de los obreros, los rendimientos, el porcentaje de trabajo efectivo, el porcentaje de tiempo preparativo, etc. Estos serán mostrados en los mapas de cadena valor, y nos ayudarán a identificar el estado actual de un proceso constructivo.

| Nombre                 | Abrev. | Un.   | Significado  |
|------------------------|--------|-------|--|
| Identificación         | ID     | -     | Identificación del elemento de acuerdo a su ubicación.                             |
| Fecha de inicio        | FI     | dd-mm | Fecha de inicio de la actividad constructiva.                                      |
| Fecha de término       | FT     | dd-mm | Fecha de término de la actividad constructiva.                                     |
| Tiempo de inicio       | TI     | hh:mm | Tiempo de inicio de la actividad constructiva.                                     |
| Tiempo de término      | TT     | hh:mm | Tiempo de término de la actividad constructiva.                                    |
| Tiempo de monitoreo    | TM     | Min   | Tiempo de monitoreo en terreno en terreno de la actividad.                         |
| Tiempo de esperas      | TE     | Min   | Tiempo de esperas durante el monitoreo de la actividad.                            |
| Tiempo de preparativos | TP     | Min   | Tiempo de actividades preparativas.  |
| Número de operarios    | #O     | Un    | Número de operarios involucrados directamente en la actividad.                     |
| No hábiles             | NH     | Días  | Días no hábiles durante el periodo de desarrollo de la actividad.                  |
| Duración total         | DT     | Horas | Duración de la actividad.  |
| Perímetro              | P      | Ml    | Perímetro del elemento constructivo.   |
| Superficie de contorno | SC     | m2    | Área normal a la vertical del elemento constructivo.                               |
| Espera en inventario   | EI     | Horas | Tiempo de espera del elemento en inventario.                                       |
| Flujo continuo         | ~      | -     | Indica que los tiempos entre actividades son nulas o se desarrollan una tras otra. |

Tabla 4. Datos a medir en terreno. Fuente: Rosenbaum (2012).

Se procederá a registrar los datos en campo para cada actividad de los procesos constructivos, cabe recalcar que se registrará un juego de datos por actividad con la finalidad de determinar un promedio. Interpretaremos los datos con los siguientes indicadores de producción.

| Nombre                               | Abrev. | Un.         | Significado   |
|--------------------------------------|--------|-------------|---|
| Duración                             | D      | min         | El tiempo que tarda en realizarse una actividad por unidad de flujo. Cuantifica la inversión de tiempo por actividad.   |
| Porcentaje de tiempo de preparativos | PTP    | %           | Corresponde a la porción de tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual se está realizando trabajos preparativos.   |
| Porcentaje de trabajo efectivo       | PTE    | %           | Corresponde a la porción de tiempo sobre la duración de una actividad, en la cual se está realizando algún trabajo contributivo. Cuantifica el aprovechamiento del tiempo.  |
| Índice de labor contributoria        | ILC    | %           | Entrega el porcentaje de la cuadrilla de operarios que están realizando algún tipo de trabajo a través de una muestra de tiempo arbitraria en el transcurso de una actividad. Cuantifica el aprovechamiento de la mano de obra. |
| Rendimiento                          | R      | dim/HH      | Avance directo obtenido por cantidad de horas-hombres invertidas. Cuantifica la eficiencia de la mano de obra.  |
| Espera de Inventario                 | EI     | Horas, Días | El tiempo que debe esperar un elemento desde que termina de ser procesado por una actividad hasta que lo toma la siguiente. Cuantifica los tiempos que no agregan valor en la cadena.   |
| Tiempo de ciclo total                | TCT    | días        | Tiempo que demora una unidad de flujo en recorrer la cadena de valor completa. Cuantifica la duración total de la cadena.   |
| Tiempo de valor agregado             | TVA    | días        | Suma de tiempos de la cadena de valor en los que se agrega valor al producto. Cuantifica el tiempo que agrega valor a la cadena.  |
| Porcentaje de valor agregado         | PVA    | %           | Entrega el porcentaje de tiempo que representa el TVA sobre el TCT. Cuantifica el aprovechamiento total del tiempo en la cadena de valor.   |

*Tabla 5. Indicadores de productividad. Fuente: Rosenbaum (2012).*

Se procederá a realizar tiempos de monitoreo durante la ejecución de las actividades de los procesos constructivos como una muestra representativa de lo que pasa a lo largo de su ejecución.

| O | Intervalos de tiempo (min) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 5                          | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 1 |                            | X  |    |    |    |    | X  |    |    |    | X  |    |
| 2 |                            | X  | X  |    | X  |    |    |    | X  |    |    |    |
| 3 | A                          | A  |    |    |    |    |    |    | X  |    |    |    |

Tabla 6. Cuadro de monitoreo de una actividad de un proceso constructivo. Fuente: Rosenbaum (2012).

X: Intervalos de 5 min, en el cual el obrero no realiza ningún trabajo.

A: Intervalos de 5min, en el cual el obrero está ausente.

1.2.- Procesamiento de datos:

Los datos registrados por sí solos no tienen relevancia, por ello se adaptaron fórmulas para estandarizar el nivel de producción, cabe recalcar que los indicadores finales son un promedio de todas las muestras registradas por actividad.

Ejemplo: La colocación de piso laminado tiene una duración total de 1 día (8.5 horas) y se instalan 66 m<sup>2</sup>.

$$D = \frac{\text{Duración total de la actividad}}{\text{Unidades de flujo procesadas}}$$

$$D = \frac{8.5 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}}{66 \text{ m}^2} = 7.73 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}$$

Porcentaje de tiempo de preparativos (PTP): Se define como la cantidad de tiempo invertido en la preparación de una actividad dividida por la duración total.

$$PTP = \frac{TP * 100\%}{DT}$$

Ejemplo: Si transcurre 1 día para la colocación de piso laminado de un departamento y su preparación demandó 30 min.

$$PTP = \frac{30 \text{ min} * 100\%}{8.5 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}} = 6\%$$

Porcentaje de trabajo efectivo (PTE): Se define como las duraciones que agregan valor a la actividad respecto al tiempo total invertido. Para efectos de cálculo es la duración total DT restado de los tiempos de espera TE, los tiempos preparativos TP, y los días de suspensión DS.

$$PTE = \left(1 - \frac{TE}{TM} - \frac{TP}{DT} - \frac{DS}{DT}\right) * 100\%$$

Ejemplo: La colocación de piso laminado tuvo una duración de 12 días, de los cuales se registraron que 5 días estuvo ausente. Además se registró un tiempo de preparación de 100 min y que durante el tiempo de monitoreo realizado de 60 min se observó 10 minutos de espera. Por lo tanto:

$$\text{➤ } 7 \text{ días} = 7 * 8.5 * 60 = 3570 \text{ min}$$

$$PTE = \left(1 - \frac{10}{60} - \frac{100}{3570} - \frac{5}{12}\right) * 100\% = 39\%$$

El indicador de porcentaje de trabajo efectivo nos resalta la baja participación que hubo por parte del obrero, además de la demanda del tiempo preparativo y las esperas ocurridas durante el tiempo de monitoreo.

Índice de labor contributiva (ILC): Se realiza un tiempo de monitoreo en intervalos de 5 minutos, en el cual tendremos que anotar la cantidad de obreros en la ejecución de una actividad, así como marcar los intervalos en que no agreguen valor (ausencias o no realizan trabajo).

$$ILC = \left(\frac{\#O * \#I - \#A - \#X}{\#O * \#I - \#A}\right) * 100\%$$

#O: Número de operarios

#I: Número de intervalos

#A: Número de intervalos ausente.

#X: Número de intervalos en que el operario no agrega valor.

Ejemplo: Colocación de piso laminado: se identificaron 3 obreros.

| O | Intervalos de tiempo (min) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 5                          | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| 1 |                            | X  |    |    |    |    | X  |    |    |    | X  |    |
| 2 |                            | X  | X  |    | X  |    |    |    | X  |    |    |    |
| 3 | A                          | A  |    |    |    |    |    |    | X  |    |    |    |

Tabla 7. Cuadro de monitoreo de una actividad de un proceso constructivo. Fuente: Rosenbaum (2012).

Se observa:

#O = 3

#I = 12

#A = 2

#X = 8

Por lo tanto:

$$ILC = \left( \frac{3 * 12 - 2 - 8}{3 * 12 - 2} \right) * 100\% = 76.5\%$$

Rendimiento: Se define como la cantidad de unidades de flujo dividido por la cantidad de horas hombre:

$$R = \frac{\text{Unidades de flujo procesadas}}{\text{Horas - hombre}}$$

Ejemplo: Un obrero instaló 66 m<sup>2</sup> de piso laminado en un día. (1 día=8.5 horas).

$$R = \frac{66}{8.5} = 7.8 \text{ m}^2/\text{hh}$$

Espera de inventario (EI): Se define como el tiempo que transcurre entre una actividad culminada y el comienzo de la actividad sucesora.

Tiempo de ciclo total (TCT): Se define como la duración de la ejecución de todas las actividades incluyendo las esperas de inventario.

Tiempo de valor agregado (TVA): Se define como la suma de los tiempos en que el obrero agrega valor a la actividad.

Porcentaje de valor agregado (PVA): Se define como el tiempo de valor agregado dividido por el tiempo de ciclo total.

$$PVA = \frac{TVA}{TCT} * 100\%$$

#### PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENTREVISTA.

Preguntas para los operarios de cada partida.

- a) ¿Cuál es el proceso constructivo de la partida de acabado?
- b) ¿Cuántos operarios trabajan en cada actividad?
- c) ¿Qué pérdidas de material has podido identificar por actividad?
- d) ¿Cuáles han sido los motivos por los que no has tenido un trabajo fluido?
- e) Corroborar con el ingeniero la información proporcionada por los operarios.
- f) Corroborar realizando los tiempos de monitoreo de cada actividad de una partida.  
Cabe recalcar, que se ha realizado 3 tiempos de monitoreo por actividad (promedio).

Preguntas para el arquitecto

- g) ¿Por qué se define in-situ y no se prevé con anticipación?
- h) ¿Por qué no se cumple la programación?
- i) ¿Por qué no se desarrolla planos con un nivel de detalle mayor?
- j) ¿Por qué falta calidad en la producción?

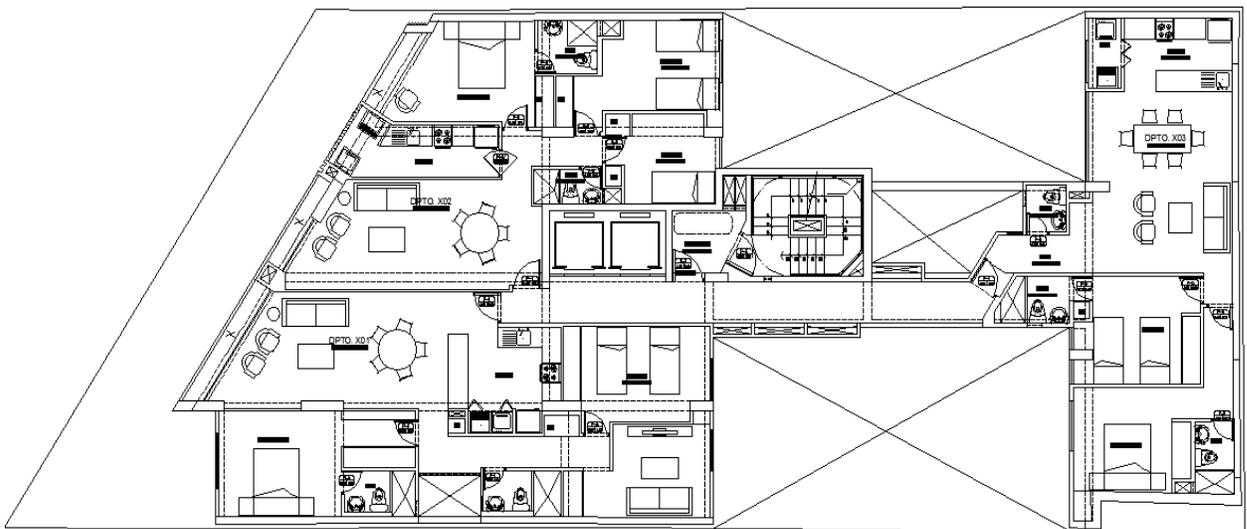
## 2.- ALCANCE

La presente tesis abarca cuatro partidas de acabados de un edificio multifamiliar en la ciudad de lima, los cuales son: piso laminado, empapelado de muros, ventanas de aluminio y puerta prefabricada.

Edificio Plaza La Bandera:

El edificio Plaza La Bandera es de vivienda multifamiliar, la cual cuenta con 15 pisos destinados a viviendas (44 departamentos), el piso 16 destinado a áreas de entretenimiento y 3 sótanos destinados a estacionamientos. En este edificio se instaló piso tipo laminado en la sala, pasadizo, dormitorios y sala de estudio. Se planificó el ingreso del subcontratista de piso laminado al final de todas las partidas de acabados con la finalidad de proteger al piso de los golpes por pisadas de otros operarios, pero las circunstancias no lo permitieron, ya que las demás partidas de acabados se retrasaron. Se coordinó con los demás subcontratistas para distribuir las áreas de trabajo y mantener un orden.

Se define una unidad de producción (Lote): Un departamento.



*Ilustración 1. Planta típica de Edificio Plaza La Bandera.*

### 3.- ESTUDIO DE CUATRO PARTIDAS DE ACABADOS.

Se identificará el proceso constructivo de cada partida, en la cual describiremos las pérdidas de transformación-flujo-valor. Además se realizará un mapa de cadenas de valor de las actividades, en la cual se muestra los tiempos de ejecución, los tiempos entre actividades y la cantidad de trabajadores.

El rol de los subcontratistas no debe ser solo la de cumplir con su trabajo sin importar cómo se llegue a ese producto final. El subcontratista tiene mucho valor por aportar gracias a su experiencia en su trabajo, por ello es importante que el personal se sienta parte del equipo de trabajo y que entienda que cualquier decisión que tome él/ellos pueden impactar directamente en el rendimiento de las otras partidas. Por ello, se brinda un espacio semanal para que cada subcontrata pueda manifestar sus inquietudes con la finalidad de mejorar como equipo de trabajo. Más adelante conoceremos cuáles son los tópicos y/o preguntas que nos servirán para guiar una reunión y tratar de extraer la mayor cantidad de información y transformarla en acciones concretas para obtener una mejor producción cada semana.

#### 3.1.- RESULTADO

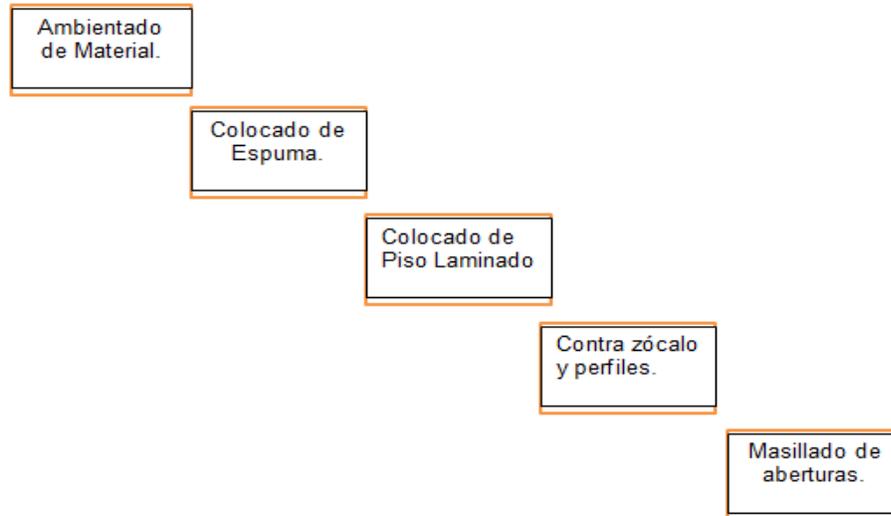
##### 3.1.1.- PISO LAMINADO.

Es importante que la instalación de piso laminado sea una de las últimas partidas en el cronograma, por un tema de protección. Es lo recomendable, ya que se quiere evitar el deterioro por parte del transporte de los demás subcontratistas.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO

En primer lugar el material debe estar en el lugar de su instalación por lo menos 24 horas antes, ya que se busca que el material se encuentre a temperatura ambiente con la finalidad de que no varíe su volumen cuando esté instalado. Segundo, se debe verificar que el contra piso se encuentre nivelado y limpio. Luego se procede a cortar el polietileno para extenderlo a lo largo del contra piso, el objetivo es cubrir las imperfecciones que puedan existir como desnivel, grumos, etc.

Finalmente se procede a instalar el piso laminado. Es recomendable iniciar por la puerta principal, ya que es la parte más notoria del departamento, de este modo cualquier irregularidad que pueda existir será disimulada en los bordes internos del departamento.



*Diagrama 3. Proceso Constructivo Piso Laminado. Fuente: Propia.*

- a). Ambientado de material: El proceso constructivo se inicia con el transporte del material hacia el lugar de su instalación 48 horas antes de colocarse, ya que se quiere que el material esté a la temperatura ambiente, de este modo evitar una variación del volumen, ya sea por expansión o contracción.
- b). Colocado de espuma: Su presentación es en forma de rollo y se corta según las medidas del ambiente, luego se coloca sobre el contra piso. Una función importante es disimular los desniveles existentes en el contra piso.
- c). Colocado de piso laminado: Una vez colocado la espuma de polietileno, se procede a colocar las láminas de pisos, de tal manera de hacer encajar las láminas contiguas evitando aberturas. El laminado no llega a estar en contacto con las paredes, ya que el contra zócalo cubrirá ese detalle y en el caso de cambios de tipo de piso “laminado-mayólica” se emplea un perfil de dilatación para una vista más agradable.
- d). Contra zócalos y perfiles: Esta actividad viene al término de la colocación del piso. Además de tener una vista agradable en el ambiente, cubre las irregularidades en los bordes, ya que el contra zócalo “muerde” el piso laminado.

e). Masillado de aberturas: Por lo general no se debería masillar este tipo de pisos, ya que son pisos prefabricados. Pero se observa en muchas ocasiones quiñes, producto del tránsito de los operarios o de caída de herramientas y/o materiales. Por otro lado, también se utiliza sikaflex en el borde del contra zócalo y la pared con la finalidad de cubrir las aberturas.

| Material.  | Herramienta y equipo.   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Polietileno</li><li>• Piso laminado.</li><li>• Sikaflex.</li><li>• Perfil de dilatación.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Martillo.</li><li>• Clavo.</li><li>• Wincha.</li><li>• Lápiz</li><li>• Escuadra.</li><li>• Ingletadora.</li><li>• Serrucho eléctrico.</li></ul> |

*Diagrama 4. Materiales, herramientas y equipos para Piso Laminado.*

#### CUADRILLA Y RENDIMIENTO

Inicialmente hubo poco control en la etapa de acabados, sumado a la dificultad presente en esta etapa, hizo que los subcontratistas avancen muy desordenado y lento. Por ello, el subcontratista tenía un solo operario, este se acomodaba en las zonas donde pudiera trabajar sin interrupciones.

Ambientado del material.

Cuadrilla: 1 OP

Colocado de espuma.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $66m^2/1hr$

Colocado de piso laminado.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $66m^2/día$

Contra zócalo y perfiles.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $65ml/día$

Masillado de aberturas.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $2hrs/departamento$

*Diagrama 5. Cuadrillas y Rendimiento de Piso Laminado.*

#### LISTA DE RESTRICCIONES Y PÉRDIDAS FRECUENTES.

Para identificar las restricciones y pérdidas durante la instalación se aplicó la teoría de Transformación-Flujo-Valor

Transformación:

- Diseño del ambiente requiere cortes especiales provocando pérdida de material.
- Se emplea cartón para cubrir el piso instalado.
- Colocar masilla para cubrir quínes por caída de materiales o el tránsito de personas.

Flujo:

- No hay especificaciones de diseño provocando esperas.
- Selección de material cuando el piso laminado es de segunda mano.
- Hacer ajustes para que las piezas contiguas se engranen correctamente.
- Transporte innecesario de material muy deteriorado.

- Exceso de material transportado.
- Elementos de otras partidas obstaculizan el trabajo continuo.

Valor:

- Cambiar bloques dañados por quiñes o por tránsito de partidas posteriores.
- Colocar láminas de cartón para nivelar el contrapiso.

Falta de planificación: la partida de piso laminado se vio obligado a postergar su actividad, ya que en el área de trabajo había materiales de otra partida dificultando de esta manera la correcta ejecución.



*Ilustración 2. Partida de Piso Laminado incompleto. Fuente: Propia.*



*Ilustración 3. Aberturas en Piso Laminado. Fuente: Propia.*

## DATOS OBTENIDOS EN CAMPO E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

El estudio de la participación de los operarios en las diferentes actividades se ha realizado solo en aquellas actividades en la que la duración de la actividad es significativa.

Actividad: Colocado de piso laminado.

| COLOCADO DE PISO LAMINADO |          |      |      |   |      |     |      |     |     |
|---------------------------|----------|------|------|---|------|-----|------|-----|-----|
| Muestra                   | ID       | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC   | TE  | TP  |
| #                         | -        | días | días | # | días | min | m2   | min | min |
| 1                         | Dep. 201 | 1    | 0.00 | 1 | 5    | 60  | 66   | 10  | 40  |
| 2                         | Dep. 202 | 2.80 | 2.00 | 1 | 6    | 60  | 56.3 | 5   | 30  |
| 3                         | Dep. 203 | 0.80 | 0.00 | 1 | 8    | 60  | 53   | 5   | 30  |

Tabla 8. Datos registrados en campo de colocado de Piso Laminado. Fuente: Propia.

| COLOCADO DE PISO LAMINADO |         |        |       |       |      |       |
|---------------------------|---------|--------|-------|-------|------|-------|
| Muestra                   | ID      | D      | ILC   | PTE   | PTP  | R     |
| #                         | -       | min/m2 | %     | %     | %    | m2/HH |
| 1                         | dep 201 | 7.73   | 80    | 75.49 | 7.84 | 7.76  |
| 2                         | dep 202 | 25.36  | 91.67 | 18.14 | 2.10 | 8.28  |
| 3                         | dep 203 | 7.70   | 91.67 | 84.31 | 7.35 | 7.79  |
| Valores máximos           |         | 25.36  | 91.67 | 84.31 | 7.84 | 8.28  |
| Valores mínimos           |         | 7.70   | 80    | 18.14 | 2.10 | 7.76  |
| Promedio                  |         | 13.60  | 87.78 | 59.31 | 5.77 | 7.95  |

Tabla 9. Indicadores de productividad de colocado de Piso Laminado. Fuente: Propia.

De la siguiente tabla observamos los indicadores de productividad. Si bien el índice de labor contributiva ILC es alto (87.78%), vemos que el porcentaje de trabajo efectivo PTE es bajo (59.31%), esto se da porque en el departamento 202 hubo 2 días en los cuales no se efectuaron ningún tipo de trabajo. El PTE considera los días no trabajados dentro de la duración total que se demora en ejecutar una actividad, de este modo refleja que una actividad tuvo problemas de flujo. En este caso hubieron dos partidas en un mismo ambiente, por ello se decidió postergar la partida de piso laminado.

Actividad: Colocado de Contra zócalos y perfiles.

| COLOCADO DE CONTRA ZÓCALO Y PERFILES |         |      |      |   |      |     |      |     |     |
|--------------------------------------|---------|------|------|---|------|-----|------|-----|-----|
| Muestra                              | ID      | D    | DS   | O | EI   | TM  | P    | TE  | TP  |
| #                                    | -       | días | días | # | días | min | m    | min | min |
| 1                                    | dep 201 | 1    | 0.00 | 1 | 14   | 60  | 65   | 10  | 50  |
| 2                                    | dep 202 | 0.90 | 0.00 | 1 | 14   | 60  | 49.2 | 10  | 40  |
| 3                                    | dep 203 | 0.80 | 0.00 | 1 | 14   | 60  | 53.6 | 5   | 30  |

Tabla 10. Datos registrados en campo de colocado de Contra zócalos y perfiles. Fuente: Propia.

| COLOCADO DE CONTRA ZÓCALO Y PERFILES |         |        |       |       |      |       |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|-------|------|-------|
| Muestra                              | ID      | D      | ILC   | PTE   | PTP  | R     |
| #                                    | -       | min/m2 | %     | %     | %    | m2/HH |
| 1                                    | dep 201 | 7.85   | 83.33 | 73.53 | 9.80 | 7.65  |
| 2                                    | dep 202 | 9.33   | 83.33 | 74.62 | 8.71 | 6.43  |
| 3                                    | dep 203 | 7.61   | 91.67 | 84.31 | 7.35 | 7.88  |
| Valores máximos                      |         | 9.33   | 91.67 | 84.31 | 9.80 | 7.88  |
| Valores mínimos                      |         | 7.61   | 83.33 | 73.53 | 7.35 | 6.43  |
| Promedio                             |         | 8.26   | 86.11 | 77.49 | 8.62 | 7.32  |

Tabla 11. Indicadores de productividad de colocado de Contra zócalo y perfiles. Fuente: Propia.

Esta actividad se realizó sin inconvenientes, es decir no hubo días no trabajados. Por lo tanto se puede apreciar que los indicadores de ILC y PTE son bastante similares.



### 3.1.2.- EMPAPELADO DE MUROS.

El empapelado de muros comienza con actividades iguales a la de partida de pintura, es decir desde el lijado hasta el sellado, ya que el papel que se va a adherir al muro requiere una superficie lisa y con buena adherencia. Es importante definir las superficies de muros que se empapelarán, ya que hay diversas zonas en los departamentos que tienen otro tipo de acabados como pintura o mayólica y el propósito es evitar trabajos rehechos.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO

En primer lugar se debe verificar el estado de los muros, ya que es importante que las partes por resanar estén concluidas, de este modo evitamos retraso en el trabajo. El papel se pega de arriba hacia abajo con una longitud mayor a la superficie de pegado, ya que luego se procederá a cortar los bordes dando un mejor acabado. Al término del pegado del papel se pueden observar zonas húmedas debido al pegamento, una recomendación es frotarlo y esperar al día siguiente para su secado.



*Diagrama 7. Proceso constructivo de Empapelado de muros. Fuente: Propia.*

a).- Lijado: Se inicia con el lijado de los muros con la finalidad de eliminar las pequeñas protuberancias y arenillas producto del mortero utilizado. Es necesario el uso de lija #60 o #80 de agua, ya que la superficie es áspera.

b).- Blanqueado: Es la primera capa (base) a cubrir la pared. Está compuesto de temple (25kg), agua (2 galones) y sellador (1/4kg).

c).- 1er Empastado: Este proceso ofrece una superficie medianamente lisa del muro, ya que cubre las irregularidades mínimas. Está compuesto de temple (25kg), yeso (1kg) y sellador (1/2 kg).

d).- 2do Empastado: Este proceso cubre las irregularidades que no se pudo obtener con el primer empastado. Está compuesto de temple fina (25kg) y sellador (1/4kg).

e).- Lijado: Luego de las dos manos de empastado es posible que todavía queden irregularidades mínimas, por ello para eliminarlo se utiliza una lija #150. Cabe recalcar que a diferencia del primer lijado, este se realiza con máquina.

f).- Sellado: Finalmente antes de proceder con el empapelado del muro, es necesario usar sellador para reducir la porosidad del muro y así obtener una superficie más adherente. Esta capa ofrece además una protección contra la aparición de hongos y salitre. Está compuesto de sellador (5 galones) y agua (2 galones).

g).- Empapelado: Primero es importante utilizar un adhesivo de acuerdo a la calidad del papel (delgado, grueso, etc.), para evitar humedecer mucho el papel y provocar una ruptura. Segundo, la presentación del papel es en rollos, por ello se debe cortar el papel en tiras de acuerdo a la longitud del muro más 5 centímetros. Finalmente, una vez pegado el papel se procede a cortar los bordes. Cabe recalcar que en los ambientes húmedos, tales como la cocina y baños se ha aplicado otro tipo de acabado.

| Material.   | Herramienta y equipo.   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Papel Pintado</li><li>• Cola para empapelar</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Espátula de presión</li><li>• Cepillo de empapelar</li><li>• Cúter</li><li>• Plomada</li><li>• Rodillo de presión</li><li>• Cepillo de encolar</li><li>• Tijeras de empapelar</li><li>• Espátula de metal</li><li>• Lápiz</li></ul> |

*Diagrama 8. Materiales, herramientas y equipos para Empapelado de Muros.*

## CUADRILLAS Y RENDIMIENTO

Esta partida tiene dos fases en su proceso. Primero, se acondiciona la superficie de los muros siguiendo las actividades ya mencionadas (empastado, sellado, etc.); segundo, se procede a colocar el empapelado a los muros. Dadas las diferentes características del proceso se requiere un personal capacitado para cada fase. Cabe mencionar que, el personal encargado de realizar el empapelado, inicia su trabajo cuando tiene un amplio terreno por ejecutar, ya que su rendimiento es significativo.

Lijado.

Cuadrilla: 2 OP  
Rendimiento:  $146m^2/día$

Blanqueado.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $146m^2/5hrs = 30 m^2/hr$

1er Empastado.

Cuadrilla: 2OP  
Rendimiento:  $146m^2/2.5días$

2do Empastado.

Cuadrilla: 2OP  
Rendimiento:  $146m^2/2.5días$

Lijado.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $146m^2/5hrs = 30 m^2/hr$

Sellado

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $146m^2/5hrs = 30 m^2/hr$

Empapelado.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento:  $100m^2/1día$

Diagrama 9. Cuadrillas y Rendimiento de Empapelado de Muros.

## LISTA DE RESTRICCIONES Y PÉRDIDAS FRECUENTES.

### Transformación:

- Uso extra de masilla para cubrir o nivelar zonas hundidas.
- Volver a pasar una mano extra de empaste en las zonas quiñadas.
- Se debe volver a empapelar zonas que han sido arañadas o quiñadas producto de golpes con herramientas o equipos de trabajo.
- Se debe volver a empapelar, ya que existe zonas que han quedado húmedas debido a que el tarrajeo del muro no secó completamente provocando que el papel termine con hongos. (Caso particular de una modificación).
- Se debe volver a empapelar zonas que han quedado muy sucias. Debido a que no se controló la partida de cerámica, la cual provocó mucho polvo por cortado.
- Poca coordinación entre especialidades. El operario que instaló unas repisas perforó un tubo de desagüe, por tal motivo se tuvo que picar toda el área para su reparación perjudicando varias partidas incluida la de empapelado.

### Flujo:

- Espera de inventario de empastado de muro.
- Nuevas decisiones durante la ejecución de la partida.
- Poca supervisión: No se ha liberado campo de trabajo.
- Pedido de material no llega a tiempo.
- Mala gestión de pagos provoca abandono de personal.
- Mala gestión de inventario de materiales.
- Paredes faltan resanar.

### Valor:

- El pegado de empapelado debe ir antes de la instalación de contra zócalo, ventanas, puertas prefabricadas, de esta manera logramos que el elemento “muerda” al empapelado obteniendo una mejor estética.

Cambio de decisión: En los planos de arquitectura se había diseñado que el tablero eléctrico iba a estar en la sala del departamento. Una vez ejecutado, no fue de agrado del dueño, quién decidió mover la instalación hasta la entrada del departamento, de tal manera que el tablero no quede muy expuesto en la sala.



*Ilustración 4. Cambio de posición de tablero eléctrico. Fuente: Propia.*

Quiñe en derrame de ventana: Producto de una mala maniobra en la instalación de ventana se dejó caer un martillo provocando un quiñe en el derrame. Solución: el quiñe debe ser rellenado con sikaflex, luego cambiar la sección del papel perjudicado.



*Ilustración 5. Quiñe en derrame de ventana. Fuente: Propia.*

## DATOS OBTENIDOS EN CAMPO E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Se ha registrado las duraciones de las actividades, además de tiempos de monitoreo para conocer el diagnóstico de la partida de empapelado de muros obteniendo finalmente los indicadores de productividad.

Actividad: 1er Lijado.

| 1er Lijado |          |      |      |   |      |     |       |     |     |
|------------|----------|------|------|---|------|-----|-------|-----|-----|
| Muestra    | ID       | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC    | TE  | TP  |
| #          | -        | días | días | # | días | min | m2    | min | min |
| 1          | Dep. 201 | 1    | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 146.4 | 20  | 10  |
| 2          | Dep. 202 | 0.90 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 123.4 | 10  | 10  |
| 3          | Dep. 203 | 0.80 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 120.6 | 10  | 10  |

Tabla 12. Datos registrados en campo de 1er Lijado. Fuente: Propia.

| 1er Lijado      |          |        |       |       |      |       |
|-----------------|----------|--------|-------|-------|------|-------|
| Muestra         | ID       | D      | ILC   | PTE   | PTP  | R     |
| #               | -        | min/m2 | %     | %     | %    | m2/HH |
| 1               | Dep. 201 | 3.48   | 83.33 | 81.37 | 1.96 | 8.61  |
| 2               | Dep. 202 | 3.72   | 91.67 | 89.49 | 2.18 | 8.07  |
| 3               | Dep. 203 | 3.38   | 90.91 | 89.22 | 2.45 | 8.87  |
| Valores máximos |          | 3.72   | 91.67 | 89.49 | 2.45 | 8.87  |
| Valores mínimos |          | 3.38   | 83.33 | 81.37 | 1.96 | 8.07  |
| Promedio        |          | 3.53   | 88.64 | 86.69 | 2.20 | 8.51  |

Tabla 13. Indicadores de productividad de 1er Lijado. Fuente: Propia.

La actividad de 1er lijado se desarrolla adecuadamente. Por un lado su tiempo de preparación es mínimo y por otro lado, no presenta inconvenientes de flujo. Dicha actividad se inició a pesar que se seguían realizando resanes de cajuelas de instalaciones sanitarias.

Actividad: Blanqueado.

| BLANQUEADO |         |      |      |   |      |     |       |     |     |
|------------|---------|------|------|---|------|-----|-------|-----|-----|
| Muestra    | ID      | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC    | TE  | TP  |
| #          | -       | días | días | # | días | min | m2    | min | min |
| 1          | dep 201 | 1.00 | 0    | 1 | 1    | 60  | 146.4 | 10  | 20  |
| 2          | dep 202 | 1.00 | 0    | 1 | 1    | 60  | 123.4 | 5   | 20  |
| 3          | dep 203 | 1.00 | 0    | 1 | 1    | 60  | 120.6 | 5   | 15  |

Tabla 14. Datos registrados en campo de Blanqueado. Fuente: Propia.

| BLANQUEADO      |          |        |       |       |       |       |
|-----------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Muestra         | ID       | D      | ILC   | PTE   | PTP   | R     |
| #               | -        | min/m2 | %     | %     | %     | m2/HH |
| 1               | Dep. 201 | 3.48   | 83.33 | 79.41 | 3.92  | 17.22 |
| 2               | Dep. 202 | 4.13   | 91.67 | 87.75 | 3.92  | 14.52 |
| 3               | Dep. 203 | 4.23   | 91.67 | 88.73 | 2.94  | 14.19 |
| Valores máximos |          | 4.23   | 91.67 | 88.73 | 3.92  | 17.22 |
| Valores mínimos |          | 3.48   | 83.33 | 79.41 | 2.94  | 14.19 |
| Promedio        |          | 3.9485 | 88.89 | 85.29 | 3.595 | 15.31 |

Tabla 15. Indicadores de productividad de Blanqueado. Fuente: Propia.

La actividad de blanqueado se desarrolló adecuadamente. Esta actividad no requiere un nivel de minuciosidad mayor, ya que es la primera capa que dará una mejor adherencia a las siguientes capas (empastado y sellado).

Actividad: 1er Empastado.

| 1ER EMPASTE |          |      |      |   |      |     |       |     |     |
|-------------|----------|------|------|---|------|-----|-------|-----|-----|
| Muestra     | ID       | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC    | TE  | TP  |
| #           | -        | días | días | # | días | min | m2    | min | min |
| 1           | Dep. 201 | 3.00 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 146.4 | 10  | 25  |
| 2           | Dep. 202 | 3.00 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 123.4 | 15  | 25  |
| 3           | Dep. 203 | 2.50 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 120.6 | 15  | 25  |

Tabla 16. Datos registrados en campo de 1er Empastado. Fuente: Propia.

| 1ER EMPASTE     |          |        |       |       |       |       |
|-----------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Muestra         | ID       | D      | ILC   | PTE   | PTP   | R     |
| #               | -        | min/m2 | %     | %     | %     | m2/HH |
| 1               | Dep. 201 | 10.45  | 91.67 | 90.03 | 1.63  | 2.87  |
| 2               | Dep. 202 | 12.40  | 87.50 | 85.87 | 1.63  | 2.42  |
| 3               | Dep. 203 | 10.57  | 86.96 | 85.54 | 1.96  | 2.84  |
| Valores máximos |          | 12.40  | 91.67 | 90.03 | 1.96  | 2.87  |
| Valores mínimos |          | 10.45  | 86.96 | 85.54 | 1.63  | 2.42  |
| Promedio        |          | 11.141 | 88.71 | 87.15 | 1.743 | 2.71  |

Tabla 17. Indicadores de productividad de 1er Empastado. Fuente: Propia.

La actividad de 1er empaste presenta inconvenientes de flujo, ya que al inicio de esta actividad todavía había varias zonas por resanar (se hicieron modificaciones de instalaciones eléctricas) extendiendo de esta manera el término del primer empastado.

Actividad: 2do Empastado.

| 2DO EMPASTE |          |      |      |   |      |     |       |     |     |
|-------------|----------|------|------|---|------|-----|-------|-----|-----|
| Muestra     | ID       | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC    | TE  | TP  |
| #           | -        | días | días | # | días | min | m2    | min | min |
| 1           | Dep. 201 | 2.50 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 146.4 | 15  | 25  |
| 2           | Dep. 202 | 3.00 | 0.50 | 2 | 1    | 60  | 123.4 | 20  | 25  |
| 3           | Dep. 203 | 2.50 | 0.00 | 2 | 1    | 60  | 120.6 | 25  | 25  |

Tabla 18. Datos registrados en campo de 2do Empastado. Fuente: Propia.

| 2DO EMPASTE     |          |        |       |       |      |       |
|-----------------|----------|--------|-------|-------|------|-------|
| Muestra         | ID       | D      | ILC   | PTE   | PTP  | R     |
| #               | -        | min/m2 | %     | %     | %    | m2/HH |
| 1               | Dep. 201 | 8.71   | 87.50 | 85.54 | 1.96 | 3.44  |
| 2               | Dep. 202 | 12.40  | 83.33 | 65.03 | 1.63 | 2.90  |
| 3               | Dep. 203 | 10.57  | 79.17 | 77.21 | 1.96 | 2.84  |
| Valores máximos |          | 12.40  | 87.50 | 85.54 | 1.96 | 3.44  |
| Valores mínimos |          | 8.71   | 79.17 | 65.03 | 1.63 | 2.84  |
| Promedio        |          | 10.56  | 83.33 | 75.93 | 1.85 | 3.06  |

Tabla 19. Indicadores de productividad de 2do Empastado. Fuente: Propia.

La actividad de 2do empaste presentó inconveniente de abastecimiento de materiales, por tal motivo tuvo que reiniciarse las labores de empastado al día siguiente. Además se observa tiempos de esperas de hasta 25 minutos, ya que se estaba ejecutando la partida de ventanas en el mismo ambiente.

Actividad: Empapelado.

| Empapelado |          |      |      |   |      |     |       |     |     |
|------------|----------|------|------|---|------|-----|-------|-----|-----|
| Muestra    | ID       | D    | DS   | O | EI   | TM  | SC    | TE  | TP  |
| #          | -        | días | días | # | días | min | m2    | min | min |
| 1          | Dep. 201 | 1.50 | 0    | 1 | 0    | 60  | 131.8 | 5   | 10  |
| 2          | Dep. 202 | 1.50 | 0    | 1 | 0    | 60  | 111.1 | 5   | 10  |
| 3          | Dep. 203 | 3.50 | 2    | 1 | 0    | 60  | 108.5 | 5   | 10  |

Tabla 20. Datos registrados en campo de Empapelado. Fuente: Propia.

| Empapelado      |          |        |       |       |      |       |
|-----------------|----------|--------|-------|-------|------|-------|
| Muestra         | ID       | D      | ILC   | PTE   | PTP  | R     |
| #               | -        | min/m2 | %     | %     | %    | m2/HH |
| 1               | Dep. 201 | 5.81   | 91.67 | 90.36 | 1.31 | 10.33 |
| 2               | Dep. 202 | 6.89   | 91.67 | 90.36 | 1.31 | 8.71  |
| 3               | Dep. 203 | 16.45  | 91.67 | 33.96 | 0.56 | 8.51  |
| Valores máximos |          | 16.45  | 91.67 | 90.36 | 1.31 | 10.33 |
| Valores mínimos |          | 5.81   | 91.67 | 33.96 | 0.56 | 8.51  |
| Promedio        |          | 9.71   | 91.67 | 71.56 | 1.06 | 9.19  |

Tabla 21. Indicadores de productividad de Empapelado. Fuente: Propia.

Se inició adecuadamente las labores en los primeros departamentos, el problema surgió en el departamento 203 cuando no se contaba con el papel para empapelar. Según los registros de inventario, sí había papel suficiente para culminar dicho departamento. Pero al momento de revisar en el almacén no se encontró el material, de esta manera se tuvo que paralizar la actividad. Finalmente al día siguiente, se verificó que sí había los rollos de papel en el almacén produciéndose una paralización innecesaria de la actividad.

#### MAPEO DE CADENA DE VALOR DE EMPAPELADO DE MUROS

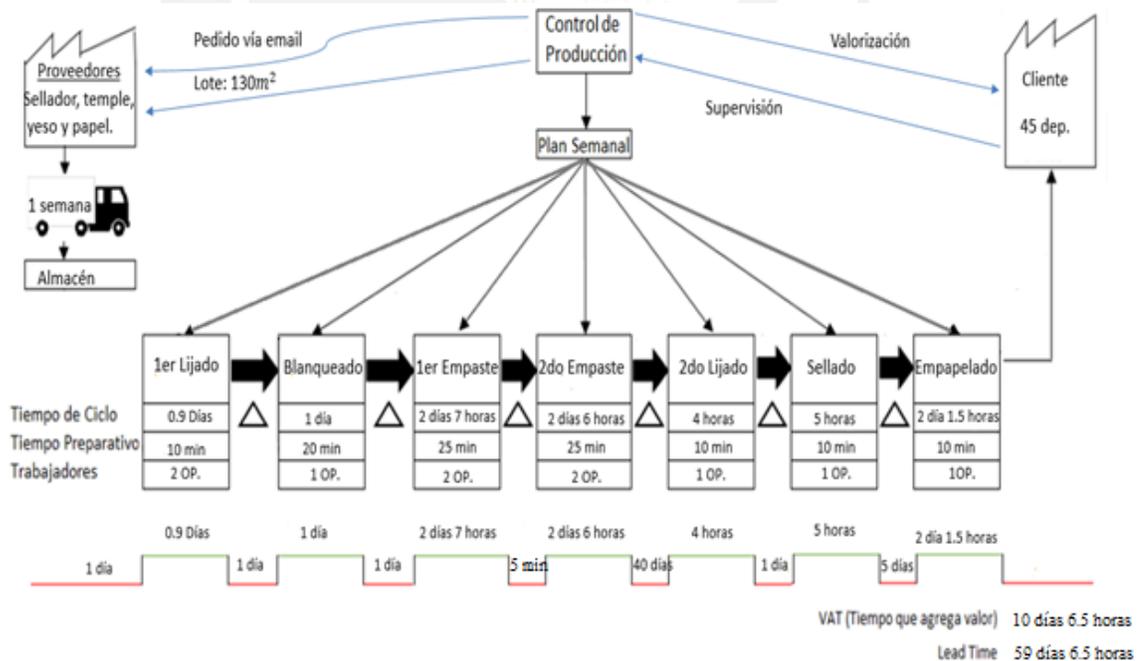


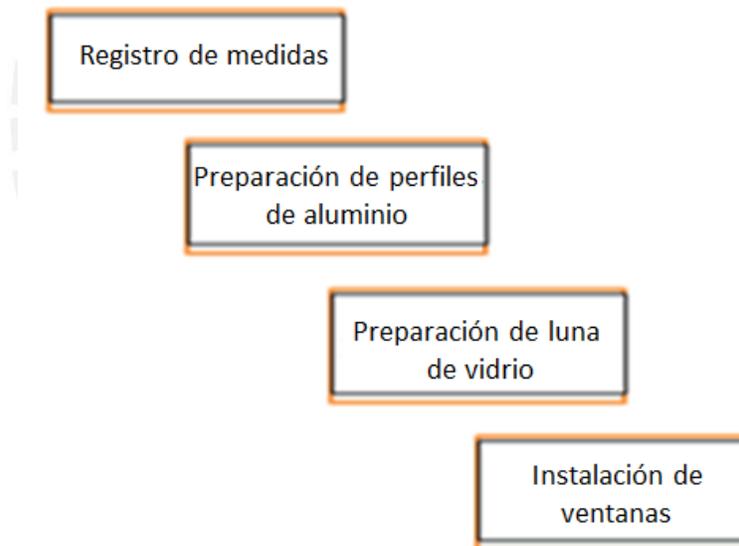
Diagrama 10. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Empapelado de Muros. Adaptado de Rother y Shook (1999).

### 3.1.3.- VENTANAS.

Esta partida tiene mayor gasto de tiempo en el taller que en su instalación en obra, debido a su fabricación. Cabe mencionar que en la presente tesis no se atiende el seguimiento de la fabricación de ventanas (análisis de restricciones, pérdidas de transformación-flujo-valor en el taller), ya que está orientada a los resultados de la puesta en obra.

Esta partida inicia con el registro de medidas de cada una de los vanos de todo el edificio. Es importante registrar las medidas en obra y no guiarse por las medidas estándar de los planos de arquitectura, ya que como se ha observado estas medidas no se replican fielmente. Luego se procede a la fabricación de los perfiles y rieles de aluminio, y los vidrios. Finalmente se instalan en los vanos correspondientes.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO.



*Diagrama 11. Proceso constructivo de Ventanas. Fuente: Propia.*

a). Registro de medidas: Es el primer paso para iniciar la fabricación de las ventanas. Es importante registrar las medidas de cada uno de los vanos de todo el edificio y no guiarse por las medidas de planos, ya que es usual que estas no se repliquen fielmente.

b). Preparación de perfiles de aluminio: Para obtener los marcos de aluminio, este material recorre varios procesos en el taller.

- Cortado: Se utiliza una máquina ingletadora con disco de 12 pulg., se recomienda cortar ligeramente mayor que la medida exacta, también se debe utilizar cintas plegables para evitar marcar con lápiz o escribir medidas.
- Matrizado: Se utiliza matrices acondicionado con prensas para realizar los cortes y los agujeros de los perfiles para luego ensamblar el juego de perfiles y obtener el marco de la ventana. También se sutiliza una prensa manual que está provisto de un punzón y un agujero avellanado en la contra placa para realizar agujeros a la medida de los tornillos.
- Pantografiado: Se utiliza un pantógrafo, el cual nos permite generar aberturas en el perfil para instalar las chapas.

c). Preparación de luna de vidrio: El subcontratista realiza el pedido de vidrio laminado templado para ser trabajado en el taller. Una vez el material en el taller, los operarios proceden a realizar el cortado de los vidrios de acuerdo a las dimensiones de las ventanas. Cabe recalcar que dichas dimensiones son unos centímetros menores que el vano, ya que se considera el espacio que ocupa el perfil de aluminio. Los vidrios cortados serán limados ligeramente, con la finalidad que no presenten bordes cortantes.

d). Instalación de ventanas: Una vez transportados los perfiles de aluminio y las lunas a la obra, se procede a ensamblar los materiales.

- Revisar cuadraturas y nivel: El primer paso para la instalación de la ventana es verificar las dimensiones del mismo y que los derrame estén a nivel tanto vertical como horizontal.
- Instalación de marco: Los perfiles verticales y horizontales serán ensamblados fuera del vano, luego se procede a incorporarlo con la finalidad de obtener las posiciones exactas de los tornillos, los cuales fijarán el marco al vano.

Seguidamente se retira el marco y se procede a perforar en las ubicaciones de los tornillos, luego se incorpora nuevamente el marco y se ajusta con los tornillos. Finalmente se verifica que el marco esté a nivel tanto vertical como horizontal. Cabe recalcar que los perfiles en ocasiones necesitan ser limados para que encajen en el vano.

- Instalación de hojas: Las hojas ingresan ejerciendo presión en la parte superior del marco, luego puede ingresar el otro extremo en la parte inferior. Por último, se verifica que las hojas se desplacen con facilidad.
- Instalación de seguro: Se coloca la chapa de plástico en la abertura del lateral de la hoja y se ajusta con los tornillos.
- Sellar los contornos: Se utiliza un sellador para cerrar el espacio libre entre el marco de la ventana y el vano.



*Ilustración 6. Ventana de aluminio. Recuperado de: <http://aluminiosnoustil.com/wp-content/uploads/2014/10/aluminio.jpg>*

| Material.   | Herramienta y equipo.   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfiles de Aluminio</li> <li>• Tornillos</li> <li>• Adhesivo y sellante</li> <li>• Seguro de ventana</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destornillador automático</li> <li>• Destornillador</li> <li>• Taladro</li> <li>• Martillo</li> <li>• Lima</li> <li>• Nivel</li> <li>• Wincha</li> <li>• Taladro con brocas</li> <li>• Cuchilla</li> </ul> |

*Diagrama 12. Materiales, herramientas y equipos para Instalación de Ventanas de Aluminio.*

#### CUADRILLAS Y RENDIMIENTO.

Verificación de cuadraturas y nivel.

Cuadrilla: 1 OP/5min

Instalación de marco.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento: 1 marco/35min

Instalación de hojas.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento: 2 hojas / 10min

Instalación de seguro.

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento: 1 chapa / 5min

Sellado de contornos

Cuadrilla: 1OP  
Rendimiento: 1 sellado/5min

*Diagrama 13. Cuadrillas y Rendimiento de 1 Ventana.*

## LISTA DE RESTRICCIONES Y PÉRDIDAS FRECUENTES.

### Transformación:

- Uso extra de sikaflex (sellador elástico de juntas), cuando las aberturas son considerables y se necesita cubrirlo.
- Trabajo rehecho: cuando los derrames están desnivelados y no ha sido identificado por parte de un supervisor de campo y/o operario de instalación de ventanas.
- Trabajo innecesario de pulir los perfiles de aluminio, cuando no se han diseñado a la medida exacta.
- Trabajo secundario de limpieza de ventana por salpicadura de concreto a las ventanas.

### Flujo:

- Tiempo de espera cuando el vano ha sido dañado o mal ejecutado y se necesita resanarlo.
- Tiempo de espera cuando no hay un punto de electricidad en la zona.
- Tiempo de inventario, ya que las lunas no llegan junto con los marcos de aluminio.

### Valor:

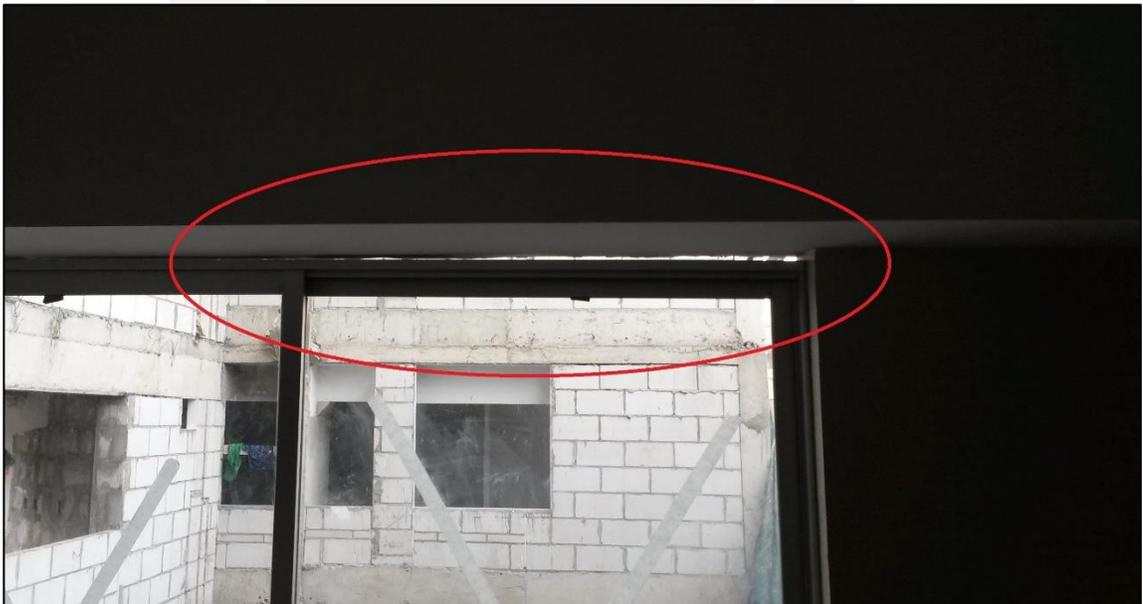
- El colocado de ventanas se ejecuta después del pegado del empapelado de muros. De este modo, se aprecia una mejor estética de acabado.
- Replicar fielmente las medidas de los vanos de los planos en la obra.
- Perfiles y lunas deben llegar juntos, de esta manera se evita doble desplazamiento de personal y transporte de herramientas y equipos a la zona de trabajo.

Vanos descuadrada: Es importante trabajar con un nivel o tira línea en ambos derrames, horizontal y vertical, ya que dicho detalle será visto con mayor notoriedad en la puesta de las ventanas.



*Ilustración 7. Ventana descuadrada. Fuente: Propia.*

Ventana: El vano no cumple con las dimensiones del plano.



*Ilustración 8. Ventana descuadrada. Fuente: Propia.*

## MAPEO DE CADENA DE VALOR DE VENTANAS

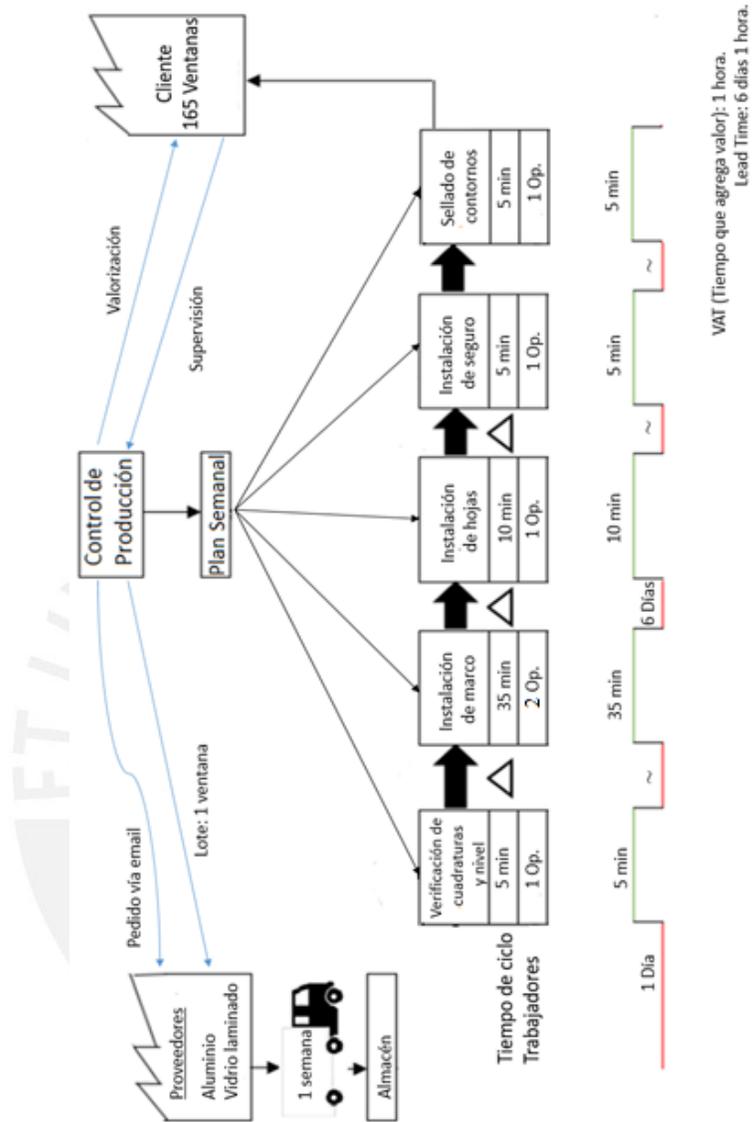


Diagrama 14. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Ventana. Adaptado de Rother y Shook (1999).

Si bien los tiempos invertidos en la instalación de ventanas son cortos, se puede optimizar aún más, ya que en varios casos el operario tiene que hacer ajustes al vano para poder instalarlo. Por otro lado, se observó que primero llegaron los perfiles de aluminio y la siguiente semana las hojas de ventana provocando transporte doble de personal, material y herramientas y equipos.

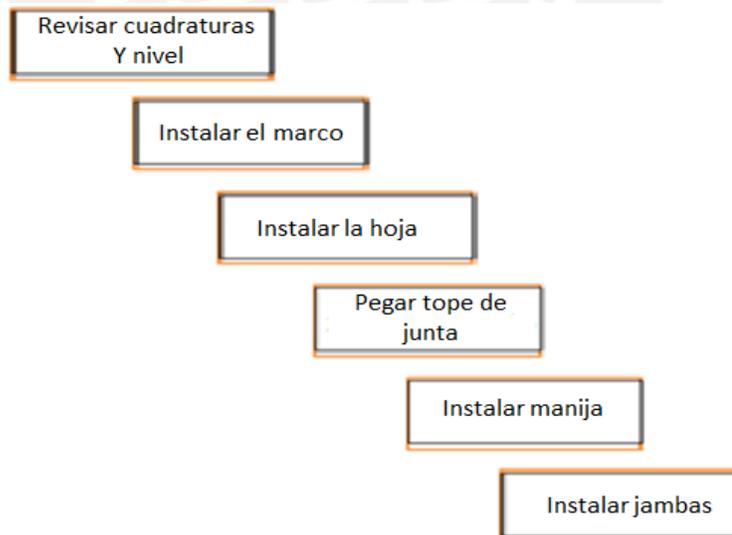
### 3.1.4.- PUERTAS PREFABRICADAS.

Las medidas del marco (largueros: largo y espesor) y hoja son estándar, por lo tanto el diseño de los vanos en obra deben ajustarse a las medidas del mercado. Este tipo de puertas ya tienen un acabado final, es decir tienen un pintado especial, esto implica que el operario no debería fabricar algún elemento adicional o hacer una reparación.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO.

Para el colocado de este tipo de puertas debe haber una coordinación con las otras especialidades, ya que cuenta con un elemento llamado jamba que ocupa un espacio de 5 cm aproximadamente en el contorno del marco de la puerta y muchas veces puede interferir con el enchape de los baños o con el closet aledaño. También es importante definir el eje de la hoja, ya que ese será el límite entre cambio de tipo de piso (piso laminado – piso de mayólica).

Por otro lado, se debe considerar un espacio de 1.5 cm para la instalación de piso laminado. Además, se recomienda instalar la puerta prefabricada antes del piso laminado, ya que podemos llevar un mejor control de que personas ingresan al departamento otorgándoles las llaves y de esta manera darle responsabilidad.



*Diagrama 15. Proceso constructivo de Puerta Prefabricada. Fuente: Propia.*

- a). Revisar cuadraturas y nivel: Antes de proceder con la instalación es importante revisar las dimensiones tanto la altura como el ancho, además de un correcto nivel de los derrames, ya que una mínima inclinación será percibida una vez la hoja esté instalada. De no percatarse que la altura del vano es menor que la indicada, el espacio entre el borde inferior de la hoja y el piso será nula provocando problemas al momento de abrir y cerrar.
- b). Instalar el marco: Esta a diferencia de otras puertas prefabricadas, no utiliza espuma de poliuretano, la cual sirve para cubrir los espacios entre el contra marco y marco. Por ello se requiere que el vano cuente con un nivel de minuciosidad mayor en cuanto a especificaciones. Por otro lado se ubica la posición de los tarugos posicionando el larguero en el marco, luego se procede a perforar los puntos, seguidamente se vuelve a colocar los largueros en su posición final para atornillarlos al vano.
- c). Instalar la hoja: La parte inferior de la hoja es apoyada sobre cuñas con la finalidad de dejar un espacio libre entre el borde inferior y el piso. Luego se procede a atornillar a través de las bisagras en el larguero correspondiente, primero se atornillan las bisagras de los extremos y después la bisagra central.
- d). Pegar tope de puerta: Una vez instalada la hoja, se procede a pegar el contra marco, esencial para establecer el cierre de la puerta, para ello se utiliza adhesivo de montaje y clavos sin cabeza.
- e). Instalar manija: las hojas vienen con un espacio para las manijas, es decir solo se necesita ajustar los tornillos a la hoja. Cabe recalcar que se debe posicionar adecuadamente para que el seguro conecte con el hoyo del marco.
- f). Instalar jambas: Finalmente se pegan las jambas con un adhesivo de montaje. Este elemento tiene por fin obtener una vista más agradable de la puerta. Las jambas se colocan en el exterior e interior de la puerta.

| Material.   | Herramienta y equipo.   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Largueros</li> <li>• Hoja</li> <li>• Jamba</li> <li>• Adhesivo de montaje</li> <li>• Clavos sin cabeza</li> <li>• Tornillos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistola de clavos</li> <li>• wincha</li> <li>• Nivel</li> <li>• Escuadra.</li> <li>• Ingletadora.</li> <li>• Destornillador</li> </ul> |

Diagrama 16. Materiales, herramientas y equipos para Puertas Prefabricadas.

### CUADRILLAS Y RENDIMIENTO.

La dimensión de esta partida es corta en tiempo y espacio. Por ello que se destina un operario a realizar esta actividad. En caso la calidad de los vanos sean la esperada, es decir cumplan con las dimensiones y los niveles correctos, se podrá instalar hasta 3 puertas por día.



Diagrama 17. Cuadrillas y Rendimiento de Puertas Prefabricadas.

## LISTA DE RESTRICCIONES Y PÉRDIDAS FRECUENTES.

### Transformación:

- Uso de masilla especial para cubrir quiñes del marco y hoja. (No se debería usar).
- Uso de elementos ajenos de madera para adecuar el marco a las dimensiones del vano.

### Flujo:

- Tiempo de espera para modificar la dimensión de los muros, ya que se utilizó ladrillos P-7 para muros interiores y los marcos de las puertas eran de 10cm.
- Tiempo de espera para uniformizar los espesores de los pisos correspondiente al baño y al dormitorio, ya que el piso laminado estaba muy alto, lo cual interfería al abrir la puerta.
- Tiempo de espera para el colocado de dintel de drywall.
- Trabajo rehecho: Se verificó las dimensiones (altura y ancho) del vano, pero no se verificó si los muros correspondientes de cada lado del marco estuviesen alineados. (ver ilustración 8 y 9).
- Falta de coordinación entre especialidades: Las puertas prefabricadas utilizan un elemento llamado jamba, el cual ocupa un espacio de 5cm en el borde del marco. Por ello se debe coordinar, en especial, con los operarios de enchape con la finalidad de que dejen un espacio para el colocado de jamba.
- Trabajo ineficiente en el colgado y descolgado de hoja.

### Valor:

- Utilizar un check list con todas las restricciones típicas para evitar trabajos ineficientes.

Marco descuadrado: El primer paso de una instalación de puertas o ventanas es verificar las dimensiones y los niveles de los derrames. Si bien este vano cumplía con las premisas anteriores, los largueros no se encontraban alineados entre sí, lo cual se sumó a la lista de verificaciones previo a la instalación de marcos.



*Ilustración 9. Marco descuadrado de Puertas Prefabricadas (dep. 201). Fuente: Propia.*



*Ilustración 10. Marco descuadrado de Puertas Prefabricadas (dep. 203). Fuente: Propia.*

## MAPEO DE CADENAS DE VALOR DE PUERTAS PREFABRICADAS

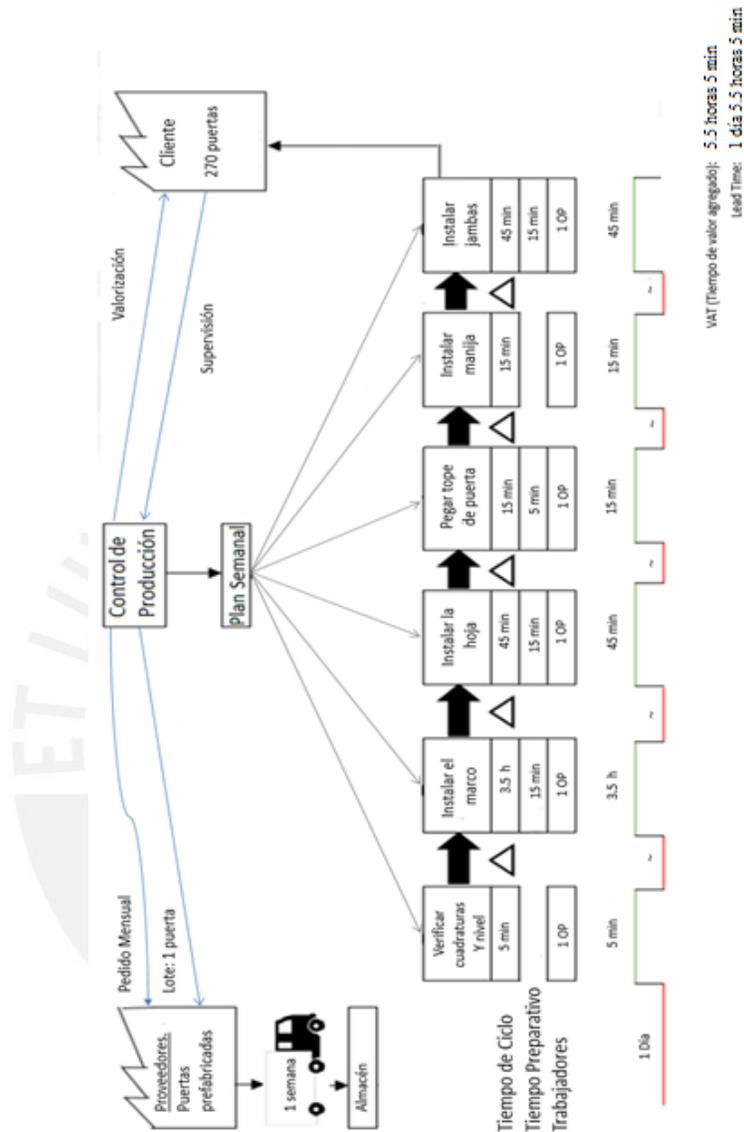


Diagrama 18. Mapa del estado actual de la cadena de valor de Puertas Prefabricadas. Adaptado de Rother y Shook (1999).

La partida de puertas prefabricadas tienen aparentemente un tiempo de ejecución y tiempo de espera cortos, pero su instalación puede tener una mejora considerable, ya que es frecuente que las dimensiones no se respeten. De este modo el operario tiene que emplear una serie de artificios para solucionarlos o por el contrario, esperar que los especialistas de otras partidas mejoren su trabajo en relación al diseño de los marcos.

### 3.2.- DIAGNÓSTICO GENERAL

#### **Planificación de las partidas de acabados:**

Se ha observado que esta empresa trabaja con subcontratistas de su confianza, es decir son subcontratistas con los cuales ya han laborado en proyectos anteriores. Por lo tanto, su estrecha relación y el poco control en la supervisión, dan lugar a incumplimiento de plazo y a un inadecuado orden de las diversas partidas. Si bien, la prioridad es la fecha de término de la partida, debido al escaso control y un desconocimiento de la estructura de trabajo, la mayoría de las veces se terminan a destiempo.

Los operarios realizan sus actividades donde haya campo (libertad de restricciones), es decir no hay un avance uniforme en los departamentos, ya que los operarios se ubican en áreas donde no interfieran con otras partidas para avanzar “libremente”. Por tal motivo, se generan avances incompletos (Espera de Inventario) de las partidas y pérdidas de tiempo, ya que los operarios necesitan regresar a los lugares donde ya habían trabajado transportando nuevamente sus materiales y herramientas y equipos de trabajo. La participación de los jefes de obra para solucionar este tipo de inconvenientes a través de los subcontratistas es mínimo, generalmente se da para tratar temas de diseño o cuando una actividad está retrasando a un grupo de partidas.

Hay partidas de acabados inconclusas, y no hay fecha de reingreso de los operarios de dichas partidas. Por otro lado, se ha considerado conveniente dejar avanzar otras partidas con la finalidad de dejar de sobrecargar los pisos con varias especialidades presentes, pero esta decisión recae en una falta de incumplimiento del plazo y pérdidas desde el punto de vista del cliente final.

#### **Abastecimiento de materiales:**

La empresa maneja un tiempo estipulado de cuatro días de plazo para hacer llegar el material a obra desde el pedido por parte de los operarios de las diferentes partidas de acabado. Por un lado, los operarios realizan el pedido cuando el material está por terminarse, lo cual genera tiempos de espera y tiempos en la re preparación de materiales para continuar una actividad.

Además, es necesario implementar una mejor gestión del inventario de materiales en almacén, ya que sucedió que un operario de la actividad de empapelado no pudo continuar su trabajo, ya que supuestamente no había papel, luego se observó que entre los materiales se encontraban los rollos de papel.

### **Pagos a los subcontratistas:**

La modalidad de pago a los trabajadores es por destajo. Esta modalidad sumada a la poca supervisión existente en obra puede generar grandes problemas. Por ejemplo, ha sucedido (en otras partidas no estudiadas en este proyecto) que en la partida de muebles de cocina, se diseñó y ejecutó cajones de dimensiones pequeñas, lo cual no fue lo solicitado por parte de oficina técnica que decidió no pagar al subcontratista el trabajo realizado de 6 muebles de cocina generándose una paralización de la partida de un mes aproximadamente.

Por otro lado, oficina técnica retiene un porcentaje de las valorizaciones semanales a modo de garantía, esto genera un problema entre el subcontratista y sus trabajadores, porque estos últimos consideran que no son bien pagados provocando molestia y preocupación, finalmente dicha situación puede afectar directamente en el rendimiento de los trabajadores.

Además, existe un mal manejo de los recursos económicos. La empresa tiene un contrato con el banco, en el cual este último desembolsa la suma de dinero correspondiente al avance y que parte de ella sirve para pagar a los trabajadores, pero el dinero se destinó a otro proyecto perjudicando de esta manera a los trabajadores.

### **Cuadrillas y rendimiento:**

El manejo de las cuadrillas lo deciden los propios subcontratistas en base al trabajo de inventario ejecutable del que dispongan. Por lo tanto, se ha observado que el campo libre que tienen por ejecutar es poco en relación al rendimiento de los operarios. Es importante liberar las restricciones con la finalidad de que el operario tenga un trabajo continuo y de esta manera un mejor rendimiento. Las partidas perjudicadas fueron pisos laminados y empapelado de muros.

### **Ritmo de producción:**

Como se mencionó anteriormente, los operarios de las diferentes partidas inician sus labores por donde haya campo, es decir no hay un avance uniforme controlado de las partidas. Esta realidad en general es poco discutida entre ingenieros y arquitectos. Por otro lado, hace falta liberar restricciones en campo y brindar facilidades para que los operarios realicen un trabajo continuo, por este motivo es que algunos de ellos no asisten diariamente a la obra teniendo que ser avisados por el ingeniero residente el día de su reincorporación en obra, pero al cabo de unos días la misma situación se repite. Finalmente, considerando el ritmo de trabajo, los cronogramas de obra son desactualizados rápidamente en la primera semana de puesta en ejecución.

### **Movimiento y transporte:**

Debido a la falta de planificación y una carencia de orden en la secuencia de partida de acabados, se ha observado que por motivos de la participación simultánea de actividades en un mismo ambiente, se ha optado por parar la actividad en dicho ambiente para ir a otro. Esto produce transporte de materiales, herramientas y equipos a otra zona de trabajo, lo cual recae en pérdidas de tiempo, porque nuevamente se tendrá que continuar la actividad en la zona anterior. Por otro lado, cuando se transporta mayor cantidad de la que se necesita a una zona de trabajo se produce transporte innecesario, ya que luego tendrá que ser llevado a una nueva zona.

### **Especificaciones de diseño:**

Este problema se dio básicamente al inicio de la ejecución de las partidas, ya que no se tenían planos con los detalles de arquitectura. Por ejemplo, el subcontratista de piso laminado, no sabía los límites de cambio de tipo de piso (piso laminado - cerámico), por lo que se generaba un tiempo de espera hasta la orden del arquitecto. Similar situación se da en la partida de empapelado, ya que se desconoce los muros a colocarse papel. Por lo general, el arquitecto es el que toma las decisiones in-situ y de no ser de agrado para el dueño de la empresa, entonces se procede a modificar provocando trabajos rehechos.

### CAPÍTULO III: PROPUESTA

Se ha elaborado los mapas de estado futuro para cada partida, en los cuáles se mostrarán estados óptimos de producción (duración de actividades, estado de inventario, etc.). Así mismo, se realizarán recomendaciones para alcanzar dichos niveles de productividad.

Las pérdidas por flujo tanto de información como de material han sido una de las principales causas en las que los operarios se han visto obligados a extender su plazo de trabajo por elemento, ya que por ejemplo, no se contaba con un plano de acabados, en el cual se especifiquen los detalles, también la entrega de materiales a destiempo. Por otro lado, la falta de planificación en la programación de las partidas, ya que se concentraba varias partidas dentro de un mismo ambiente (empapelado de muros, instalación de melamine, etc.).

Las pérdidas por transformación influye en el tiempo de ejecución y recursos de una partida, ya que como se ha podido observar las partidas son en ocasiones perjudicadas por la ejecución de otras partidas, lo que produce que el trabajador que había culminado con un elemento tenga que regresar a dicha área de trabajo con sus herramientas y materiales para reparar el daño.

Cabe recalcar que los estados presentados son un estado ideal. Por ello es importante realizar un estado actual al cabo de un tiempo con la finalidad de detectar nuevas oportunidades de mejora o reforzar aquello en lo que no se ha logrado mitigar las pérdidas (transformación, flujo, valor).

Ahora bien, se propone un proceso sistematizado de la planificación y control de acabados que pueden aplicarse a cualquier partida de la etapa de acabados.

Paso 1: Realizar un estudio detallado de todo lo que implica la partida: Describir cada actividad de la partida reconociendo los tiempos de duración aproximados en relación al metrado y los materiales que involucren.

Paso 2: Realizar un análisis de restricciones: Es importante reconocer el estado óptimo del área de trabajo previo a la instalación de una partida de acabado. Es decir, si yo voy a instalar una ventana, los trabajos previos serían: Dimensiones pactadas, ángulos a 90°, etc.

Paso 3: Análisis de Flujo de información y material: Debe haber un estudio previo con la finalidad de detectar las incompatibilidades y/o la falta de información en planos para que al momento que el operario necesite iniciar su partida no tenga mayor inconveniente. Cabe recalcar que siempre hay inconvenientes de último minuto en obra, para ello se debería contratar a un arquitecto con la capacidad de absolución de problemas.

Paso 4: Identificar el mejor momento de ingreso de una partida: Se sabe que un ambiente consta de varios acabados (partidas), entonces es importante saber identificar una adecuada secuencia de las partidas con la finalidad de no entorpecer el trabajo y peor aún dañar el trabajo de los demás. Estos temas se deben conversar en las reuniones de trabajo. Además, se propone un tren de trabajo en el ítem de Mejoramiento General.

Paso 5: Aplicar el mapeo de cadenas de valor en la ejecución: Una vez iniciada la partida es importante recopilar información estando en el campo, como los tiempos de ejecución, los tiempos de inactividad, los problemas suscitados, la falta de materiales, etc. Con la finalidad de realizar un ajuste a la programación que hicimos en un primer momento y sobre esto se vuelve a programar.

Paso 6: Reportar el Porcentaje de Plan Cumplido: Con la información recopilada en campo, podemos contrastar el avance proyectos en el tiempo proyectado y el avance real en el tiempo real e identificar cuáles fueron las causas que llevaron a no cumplir con lo programado.

Paso 7: Reuniones semanales: Las reuniones semanales es un paso sumamente importante, es el momento donde se tiene el tiempo para mejorar la relación comunicativa con tu personal, para ello, se debe brindar la confianza al trabajador para que pueda compartir sus ideas libremente. A continuación se brindará una serie de temas para abordar la reunión y hacer que el personal participe

- ¿Qué porcentaje de avance logramos esta semana?
- ¿Qué pasó?
- ¿Cómo podemos mejorar?
- Crear conciencia en los trabajadores sobre el cuidado del trabajo de los demás.
- Replantear los objetivos para la presente semana

- Volver a reportar el porcentaje de avance completado.
- Plantear que necesitan para lograr con el objetivo (materiales, personal, etc).
- También es importante comunicar que la empresa como tal está abierta a escuchar sugerencias que permitan alcanzar el objetivo en un menor tiempo.

Los cambios efectuados en los mapas se mostrarán en **negrita** en los siguientes mapas.  
Luego se describirán las oportunidades de mejora.



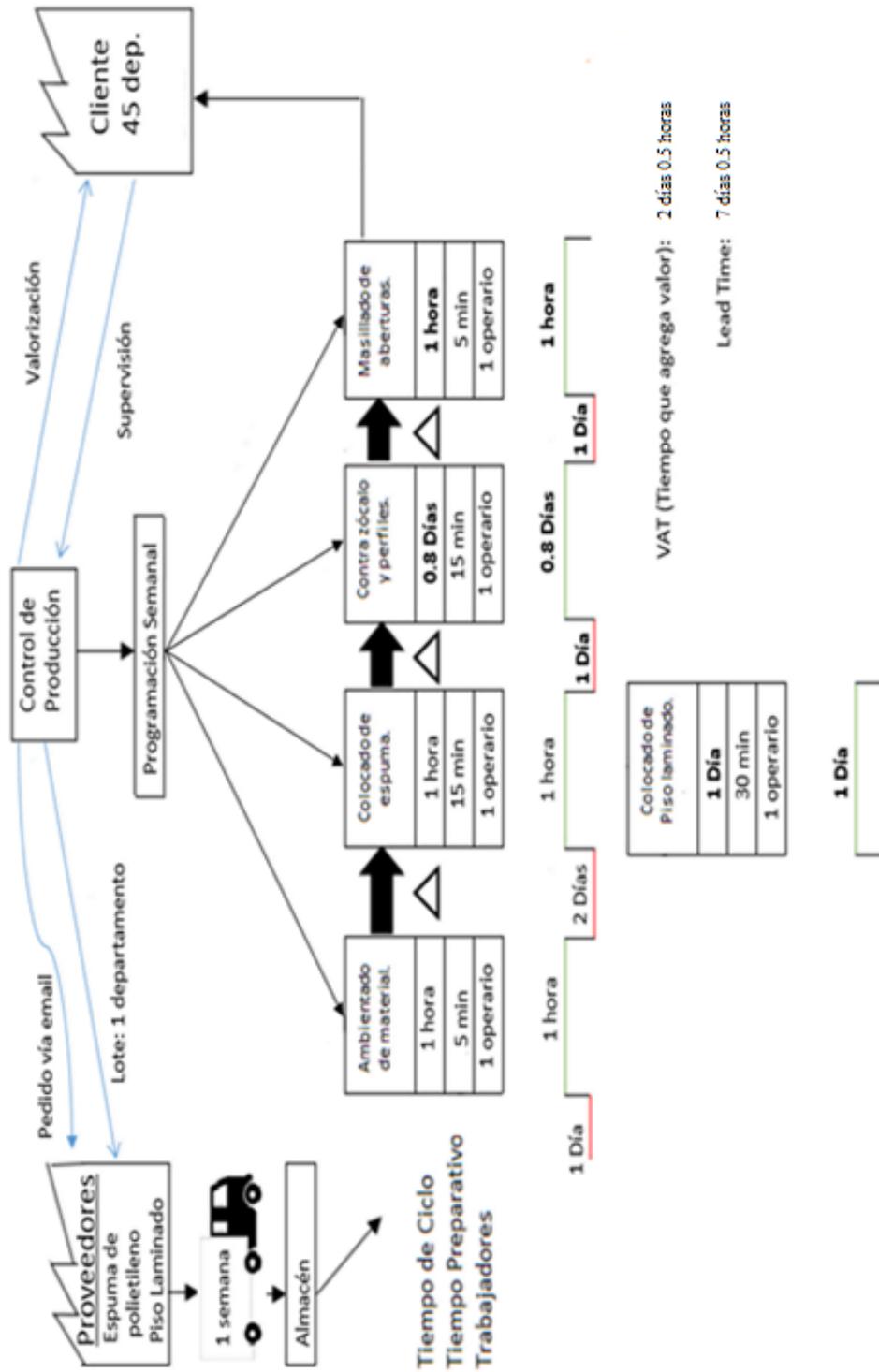


Diagrama 19. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de piso laminado. Adaptado de Rother y Shook (1999).

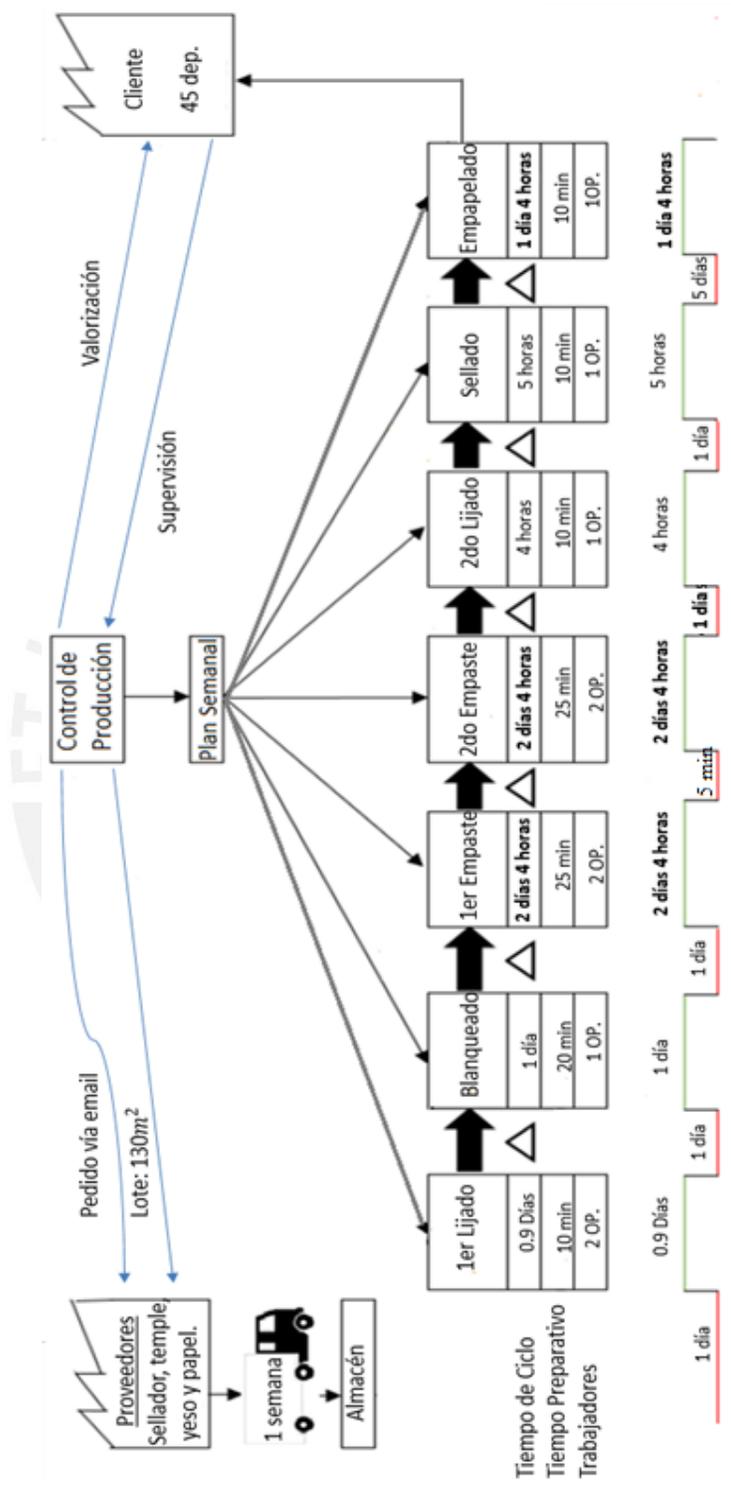


Diagrama 20. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de empapelado de muros.

Adaptado de Rother y Shook (1999).

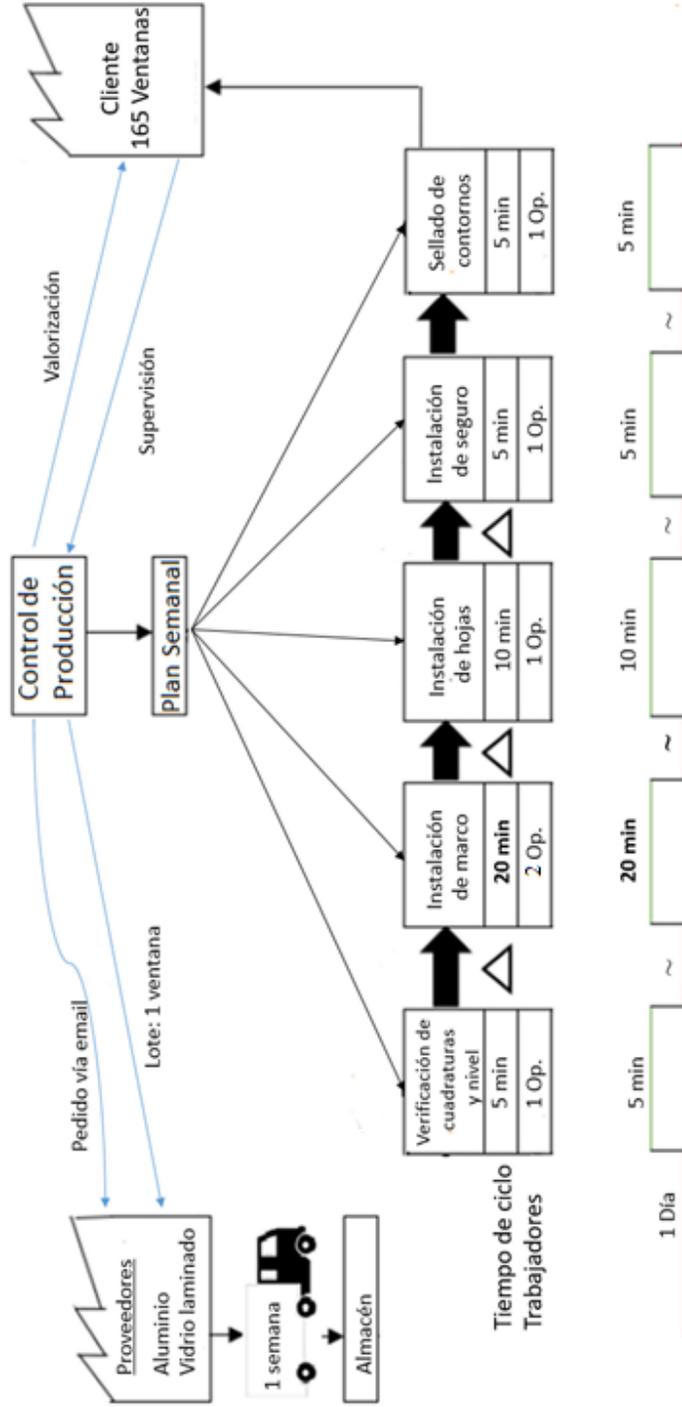


Diagrama 21. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de ventanas.

Adaptado de Rother y Shook (1999).

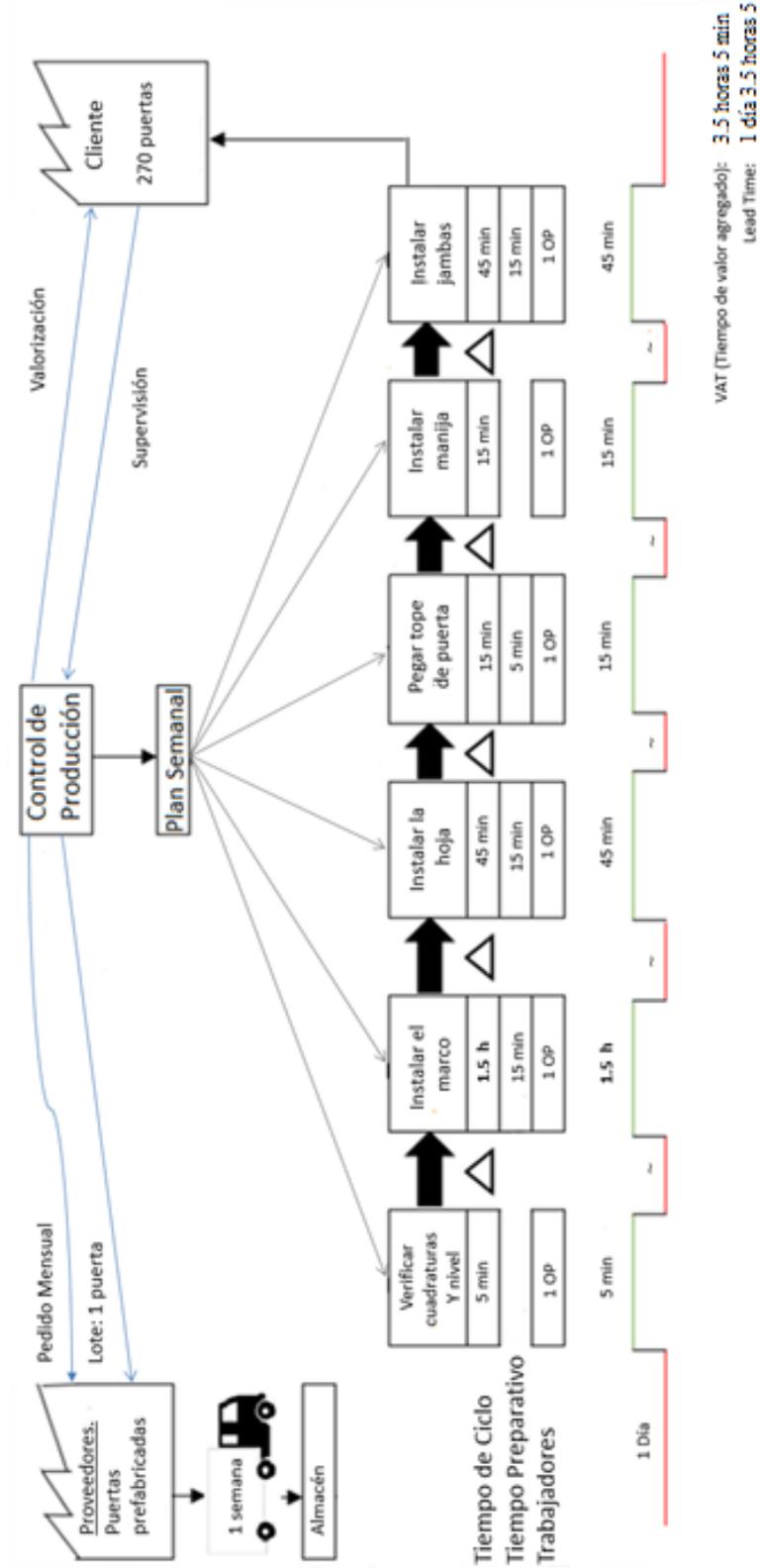


Diagrama 22. Mapa del estado futuro de la cadena de valor de puertas prefabricadas. Adaptado de Rother y Shook (1999).

En la siguiente tabla se presenta un tren de actividades para su implementación, donde la codificación “E2D1” significa Empapelado de muro del 2do piso y del departamento 1. Son 15 pisos de 3 departamentos por piso y 3 sótanos dedicados para estacionamientos. Podemos observar (revisar Anexo) que la partida de empapelado de muro inicia primero y una semana después inicia la partida de puertas prefabricadas, esto porque mencionamos anteriormente que es recomendable que primero se empapele y luego se instalen los marcos tanto de puertas como de ventanas, ya que obtenemos un mejor acabado. Además se decidió incrementar las cuadrillas para la actividad de empaste de muros (3 cuadrillas), ya que era la que mayor tiempo nos demandaba. En la partida de puerta prefabricada tenemos 6 puertas por departamento para lo cual el personal correspondiente es 2 operarios y 1 ayudante con la finalidad de entregar la instalación de puertas en 2 pisos por semana. En la partida de ventana tenemos 11 ventanas por piso (3 departamentos) para lo cual el personal correspondiente son 2 operarios con la finalidad de entregar la instalación de ventanas en 3 pisos por semana. Finalmente, la partida de piso laminado tenemos proyecto avanzar a razón de 2 pisos por semana a cargo de 2 operarios y 1 ayudante.

| ACTIVIDADES                   | 04-Ene | 05-Ene | 06-Ene | 07-Ene | 08-Ene | 09-Ene | 11-Ene | 12-Ene | 13-Ene | 14-Ene | 15-Ene | 16-Ene | 18-Ene | 19-Ene | 20-Ene | 21-Ene | 22-Ene | 23-Ene | 25-Ene | 26-Ene | 27-Ene | 28-Ene | 29-Ene | 30-Ene |       |  |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|
| <b>EMPAPELADO DE MUROS</b>    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| 1er Lijado                    | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   | E8D2   | E8D3   | E9D1   | E9D2   | E9D3   |       |  |
| Blanqueado                    |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   | E8D2   | E8D3   | E9D1   | E9D2   |       |  |
| 1er Empaste                   |        |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   | E8D2   | E8D3   | E9D1   |       |  |
| 2do Empaste                   |        |        |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   | E8D2   | E8D3   |       |  |
| 2do Lijado                    |        |        |        |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   | E8D2   |       |  |
| Sellado                       |        |        |        |        |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   | E6D1   | E6D2   | E6D3   | E7D1   | E7D2   | E7D3   | E8D1   |       |  |
| Empapelado                    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | E2D1   | E2D2   | E2D3   | E3D1   | E3D2   | E3D3   | E4D1   | E4D2   | E4D3   | E5D1   | E5D2   | E5D3   |       |  |
|                               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| <b>PUERTA PREFABRICADAS</b>   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Verificar cuadraturas y nivel |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
| Instalar marco                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
| Instalar hoja                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
| Pegar tope de puerta          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
| Instalar manija               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
| Instalar jambas               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | PP2D1  | PP2D2  | PP2D3  | PP3D1  | PP3D2  | PP3D3 |  |
|                               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| <b>VENTANAS</b>               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Verificar cuadraturas y nivel |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Instalar marco                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Instalar hoja                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Instalar seguro               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Sellado de contornos          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
|                               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| <b>PISO LAMINADO</b>          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Ambientado de material        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Colocación de espuma          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Colocación de piso laminado   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Contra zócalo y perfiles      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |
| Masillado de aberturas        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |  |

Tabla 22. Propuesta de tren de actividades de fase de acabados en estudio

## 1.- MEJORAMIENTO GENERAL

### **Estandarización de trabajos previos:**

La etapa de acabados está en gran medida vinculada a los trabajos previos de las partidas de casco y albañilería. Por ello, es importante definir los alcances y los tiempos de trabajo de las actividades previas, ya que cualquier error en medidas, desnivel y/o calidad saltará a la vista en los acabados por el alto nivel de minuciosidad que se requiere. Por ejemplo, para la colocación de ventanas y/o puertas prefabricadas, se necesita que los derrames horizontales y verticales estén rectos, ya que de lo contrario habrá dificultad para cerrar las hojas; para el empapelado de muros, se requiere que los conductos para instalaciones en los muros de albañilería sean resanados y solaqueados; para el piso laminado, se requiere que el contra piso cumpla con el nivel y espesor requerido.

### **Total quality management:**

Es importante efectuar un control de la calidad con la que se está entregando los trabajos previos a la instalación de acabados. Por ello, se debe establecer un compromiso con los subcontratistas de casco y albañilería para hacer cumplir los alcances de trabajos anteriormente descritos con la finalidad de evitar trabajos rehechos y/o tiempos de espera.

### **Ingeniero de campo:**

Es importante contratar a un ingeniero de campo, dado de que se trata de una obra mediana, este cumplirá el rol de un ingeniero de calidad y un ingeniero de producción, quién se encargará de verificar los estándares de calidad solicitados en las especificaciones técnicas y hacer un correcto seguimiento de las partidas, así como liberar las restricciones según el cronograma. Además, se mantendrá una mejor comunicación entre los operarios y personal de oficina técnica, respecto a temas de diseño, modificaciones, abastecimiento de material, etc.

### **Especificaciones de diseño:**

Se debe programar una reunión entre el dueño de la empresa, ingeniero, arquitecto y subcontratistas de la etapa de acabados con la finalidad definir los detalles en base a los problemas frecuentes identificados en otros proyectos. Por ejemplo, definir:

- Los límites de cambio de piso (piso laminado - cerámico)
- Lugar de riel de mampara para conocer el límite de piso laminado.
- El color de los cerámicos de acuerdo a los ambientes.
- Las paredes a empapelar.
- La distancia que la jamba de puertas prefabricadas “muerde” la pared con la finalidad de conocer el límite de enchapado en los baños.

De esta manera, evitamos tiempos de espera en la decisión de los detalles y discordancias entre las decisiones tomadas en campo y las del dueño, quién es finalmente el que toma la decisión.

### **Abastecimiento de materiales:**

El abastecimiento de materiales es responsabilidad tanto de los operarios como de la empresa. La empresa tiene como política un plazo de cuatro días para hacer llegar el material pedido a obra. Por ello, se debe comprometer al operario que este realice su pedido con al menos cuatro días de anticipación antes de agotar sus materiales, ya que de lo contrario se perjudica no solo a el mismo, sino con los objetivos del cronograma. Por otro lado, la empresa debe potenciar la gestión del pedido para obtener el material de acuerdo al plazo establecido como mínimo.

Además, se debe mejorar el control del inventario de almacén. Es importante la minuciosidad y el orden en el registro de materiales de entrada y salida. Por ello, se recomienda llevar un control a través de un registro físico, es decir a través de cartillas, en el cual registremos rápidamente lo que se va a utilizar. Este control solo nos ayuda a agilizar el registro de materiales, por tal motivo después debe registrarse en un software Excel.

### **Movimiento y transporte:**

La partida de piso laminado tiene su almacén en el primer sótano, en el cual se encuentra material de segunda mano y nuevo. Se debe hacer una selección del material antes de ingresar a obra, es decir desde el lugar que se embarcan los bloques de piso laminado. De lo contrario se está desaprovechando la capacidad del camión, el esfuerzo y el tiempo del

personal involucrado en transportar un material que no será usado. Por otro lado, una vez que el material está en obra, se debe realizar un metrado acorde al área correspondiente a instalar el piso laminado de los diferentes departamentos considerando un porcentaje de desperdicio, de este modo evitamos que falte o sobre material en exceso y re transportes a otras zonas de trabajo.

### **Pagos a los subcontratistas:**

Se propone como medida para que los subcontratistas perciban el dinero íntegro de las valorizaciones semanales, la verificación por parte del ingeniero supervisor de los avances realizados. Por ello, en base a los alcances definidos se evaluará la calidad de los entregables y de cumplir con los estándares se realizará el pago íntegro, de este modo no será necesario retener la garantía. Ahora bien, es importante que los subcontratistas entreguen unidades de producción completados al final de la semana, ya que si un trabajo está incompleto puede ser motivo de retención. En el caso de puertas prefabricadas y ventanas, no hay inconveniente ya que por la duración que demandan estas partidas se puede lograr entregar unidades de producción completas; en el caso de piso laminado, debido a la mayor demanda de tiempo que requiere se debe programar adecuadamente para entregar unidades de producción completa; en el caso de empapelado de muros, se verifica que la demanda de tiempo para entregar una unidad de producción es mayor a una semana, por tal motivo se propone valorizar los avances de empastados de acuerdo a los precios del mercado verificando la calidad de los mismos.

Por otro lado, se observó una mala gestión de los recursos económicos, ya que se destinó parte del dinero a otros proyectos de la empresa, perjudicando el pago de los subcontratistas. Por ello, se debe independizar los movimientos económicos de cada proyecto.

### **Planificación de las partidas de acabados:**

Para establecer un cronograma de las partidas de acabados, se debe en primer lugar, cumplir con los puntos antes mencionados. Es importante que los operarios tengan las facilidades mínimas para poder iniciar su trabajo, es decir que cuenten con los trabajos previos realizados y con la calidad especificada, el material listo en obra, los pagos

correspondientes, etc. En segundo lugar, se debe programar reuniones semanales entre los subcontratistas y contratista, en la cual se establezcan compromisos de avances semanales en base a los estudios realizados (duración de actividades y forma de ejecución) y explicarles las implicancias que esta tiene de no cumplir con los compromisos. Por ejemplo, el retraso de otras actividades posteriores a la suya, el plazo de entrega del proyecto, etc. Consecuentemente, se debe incorporar filosofías de producción como el PAC, el cual nos ayudará a medir el porcentaje de actividades cumplidas al final de la semana y poder ser tema de conversación en las reuniones semanales para reafirmar compromisos y/o aumentar el avance semanal.

Por otro lado, se establece la siguiente secuencia de ejecución de acabados considerando los inconvenientes que se suscitaron en campo. Empapelado de muros, es la primera partida a ejecutarse en cuanto se cuente con las restricciones levantadas en campo, ya que esta partida es una de las que mayor tiempo demanda y debe iniciarse lo más pronto; puertas prefabricadas, esta partida ingresa luego de que se haya pegado el papel al muro, de esta manera logramos una mejor superposición entre elementos (marco de la puerta - papel), también puede ayudar a otorgar un mejor control de otras partidas que ingresan a un departamento, ya que se permitirá el ingreso bajo la responsabilidad del mismo; piso laminado, esta partida debe ser una de las últimas partidas a ejecutarse, por su exposición al daño por otras partidas; ventanas, si bien esta partida puede comenzar a ejecutarse antes, se ha considerado un ingreso tardío, ya que por la demanda corta de instalación esta puede llegar a cruzarse con la partida de empapelado y generarse tiempos de espera.

### **Cuadrillas y rendimiento:**

Las cuadrillas están en relación a los plazos de ejecución del proyecto, disponibilidad de campo, por ello es importante levantar las restricciones de cada partida con anterioridad y realizar una adecuada planificación. Una vez incorporado las recomendaciones, los operarios podrán ser más eficientes en cuanto al tiempo de entrega y a la calidad del trabajo, por ello se espera que el rendimiento mejore, así como el porcentaje de trabajo efectivo.

### **Ritmo de producción:**

A medida que se cumplan los puntos antes mencionados, se podrá apreciar un avance uniforme. Además, respecto a la sincronización entre los avances en obra y el cronograma de obra, se espera que aumente la similitud.

## **2.- MEJORAMIENTO DE PARTIDAS**

### **Piso laminado:**

- La partida de piso laminado debe ser una de las últimas en la programación, ya que por las características propias de su ejecución sobre el contra piso no permite el tránsito libre de otras partidas de acabados o de lo contrario se expone a que el piso laminado se maltrate producto de pisadas y/o caída de objetos. Por otro lado, programando la partida de piso laminado al final, se busca evitar un uso en exceso de láminas de cartón para proteger el trabajo realizado. Además, las puertas prefabricadas ya se encontrarán instaladas, la cual nos servirá como un elemento de control de ingreso de operarios, de esta manera si alguien desea ingresar a un ambiente se le hará firmar un registro (fecha y hora de ingreso) y por lo tanto se hará responsable del cuidado del departamento verificando previamente el estado del mismo.
- Como se mencionó anteriormente los detalles de diseño de todas las partidas debe ser coordinado previamente en una reunión entre el dueño de la empresa, arquitecto, ingenieros, y los subcontratistas de acabados. Respecto al material de segunda mano, este debe ser seleccionado y separado desde el lugar de origen, ya que de esta manera estamos evitando el transporte de material deteriorado y pérdidas de tiempo en hacer ajustes al material para poder empalmarlos. Finalmente, el practicante de ingeniería debe facilitar el metrado aproximado de piso laminado en los diferentes departamentos, de esta manera evitamos el transporte innecesario al lugar de instalación.

## **Empapelado de muros:**

- Los trabajos previos, los cuales son las partidas de casco y de albañilería influyen en gran medida en el desarrollo de las partidas de acabados. Por ello, se hizo hincapié en los ítems de estandarización de trabajos previos y total quality management que las partidas deben cumplir con los alcances y estándares de calidad. Es importante la calidad de los trabajos previos, de esta manera en las actividades siguientes como la de empastado se evita utilizar empaste extra para cubrir los huecos que no han sido bien resanados. Muchas veces se opta por esta medida, porque ellos consideran que el tiempo que se demoran en solucionar dicho problema no lo justifica.
- Uno de los principales problemas que se suscitan en general en todas las partidas es el daño de los avances. Por ello, en primera instancia se propone dialogar con los diversos contratistas en las reuniones semanales sobre las implicancias que trae consigo el daño de los productos, ya que cualquiera puede verse perjudicado.
- Por otro lado, se observó que un operario de melamine perforó un tubo de desagüe comprometiendo diferentes partidas de acabados. En este caso, los operarios que necesiten perforar las paredes deben llevar consigo los planos de instalaciones sanitarias y eléctricas.
- Las esperas de inventario de empastado de muros depende en gran medida de la programación de las demás partidas de acabados, ya que lo que se quiere es evitar el deterioro de la actividad siguiente (empapelado de muros). Por ello necesitamos que partidas tales como el enchapado de los baños se realicen antes de comenzar el colocado del papel, ya que se quiere evitar que el polvo, producto del cortado del cerámico, se adhiera al papel.

## **Ventanas:**

- Es importante cumplir con los estándares de calidad de los vanos de ventana, ya que de ello depende la instalación de las ventanas. Por lo tanto, se debe cumplir con las medidas ya sea de altura como de ancho y los niveles de los derrames. En este sentido, el ingeniero de campo se encargará de verificar el estado de dichos requisitos, de no cumplir con los estándares de calidad, se efectuará una retención de su valorización semanal. Con ello se busca que los operarios realicen un buen trabajo desde el inicio y no tener que rehacer trabajos. Por otro lado, se recomienda cubrir con papel periódico las ventanas, ya que están altamente expuestas a salpicaduras por tarrajeo y/o pintado.
- Es necesario incidir en la llegada de todos los elementos de una ventana para completar el ciclo de ensamblado y entregar una unidad de producción. De esta manera evitamos re transporte a un área de trabajo anterior (personal, material, equipos y herramientas).

## **Puertas prefabricadas:**

- Respecto a la falta de uniformidad en los espesores del muro de 7cm y el espesor de los marcos de puerta prefabricadas de 10cm. Esta situación se observó cuando la partida de albañilería se encontraba ya en el piso cinco. Por ello, se tomó la siguiente decisión: para los cinco pisos con muros de ladrillos P-7 se tarrajeó, de tal manera que se alcance el espesor necesario (10cm) y en los siguiente pisos se decidió modificar los muros aledaños a puertas con ladrillos P-10. Para evitar incompatibilidades de este tipo en esta etapa de acabados y de casco, una herramienta que nos ayuda a visualizar errores, que son difícilmente perceptibles en planos 2D, sería el software revit de la filosofía BIM.
- El contra piso tiene un espesor de 4 cm y el acabado de piso debe tener 1 cm de espesor. Es importante que se respete este detalle, tanto para piso laminado como para piso de cerámico, para evitar inconvenientes cuando se instale la puerta prefabricada.

- De acuerdo a los estudios realizados en este proyecto se identificó una medida adicional a tener en cuenta en el trabajo previo de los vanos de puertas. Por lo general, un vano debe cumplir con las medidas de planos (altura y ancho) y que los derrames estén a nivel. Sin embargo se pudo detectar una medida adicional, el cual es verificar que los derrames verticales se encuentren alineados (ver ilustración 8 y 9).
- Finalmente, la instalación de puertas prefabricadas incluye detalles de diseño que deben ser tomadas en cuenta desde un inicio. Por ejemplo, la jamba es un elemento que forma parte del marco de la puerta y ocupa 5 cm de su contorno. Por ello se debe coordinar con los operarios de otras partidas que realizan trabajos aledaños, especialmente con la partida de enchape.
- El uso de puertas prefabricadas ya supone una mejora respecto a las puertas convencionales fabricadas en taller, ya que optimizamos primero, tiempo en la ejecución de la puerta; segundo, no es necesario dar un acabado final, ya que viene de fábrica; tercero, las piezas vienen listo para ensamblar. Una consideración a tomar en cuenta es que en el proceso del diseño se considere las medidas estándar de mercado.

#### CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

1.- Mapeo de Cadenas de Valor es una herramienta eficiente para detectar las pérdidas de transformación y de flujo. Debido a su metodología y fórmulas empleadas, da cuenta numéricamente de las actividades que tienen problemas de flujos (restricciones).

2.- Si bien MCV es una herramienta enfocada a identificar las pérdidas productivas, su metodología nos permite utilizar datos con otra finalidad. Por ejemplo, los tiempos de ciclo de las actividades y los tiempos entre conversión es un gran aporte al momento de realizar la planificación del cronograma de obra. También, la descripción de las actividades nos permite entender la forma de trabajo y su naturaleza, por ende identificar una correcta secuenciación entre actividades de partida a fin de no perjudicar otras. Finalmente esta información es útil para el supervisor, ya que puede llevar un mejor seguimiento y control de las actividades.

3.- En diversos estudios de productividad en la construcción (etapa de casco) se detalla que las pérdidas de material (hormigón, acero) son considerables. Por el contrario, en este proyecto de estudio (estudio de etapa de acabados), se ha observado que las pérdidas de transformación (pérdidas de materiales) no representan un porcentaje significativo. Sin embargo, los procesos de flujo, que son los tiempos entre conversiones, representan un alto porcentaje respecto de la duración total de la actividad. Ello se representa en los indicadores de productividad con un bajo nivel de porcentaje de trabajo efectivo. Ahora bien, las carencias más representativas de la etapa de acabados son: la falta de una buena planificación, la liberación de los trabajos previos y el desconocimiento de la forma de trabajo de las partidas.

4.- El nivel de minuciosidad requerido en la etapa de acabados es mucho mayor en comparación con la etapa de casco, ya que a los ojos del cliente es lo que más vende. Por lo tanto, los estándares de calidad son altos y muchas veces no se cumplen a cabalidad, por ello en varias ocasiones se tiene que mejorar o rehacer un trabajo, lo que genera pérdidas de recursos (mano de obra, material, herramientas y equipos). En este sentido se debe hacer esfuerzos para obtener un buen trabajo en la primera ejecución.

5.- Los ingenieros y arquitectos prefieren que se ejecuten las partidas y resolver los problemas a medida que se avanza. Esta filosofía, claramente recae en trabajos rehechos como se ha visto en esta obra. Por ello, la filosofía de mapeo de cadenas de valor está orientada al control de pérdidas productivas, de este modo se busca prevenir antes que corregir.

6.- Programar una reunión entre el dueño de la empresa, arquitecto, ingenieros y subcontratistas de las partidas de acabados, con la finalidad de definir las especificaciones de diseño. Es muy beneficioso, ya que los subcontratistas en base a su experiencia conocen cuáles son los problemas más frecuentes y de este modo se espera prevenir antes que solucionar un mal trabajo o generar tiempos de espera durante la ejecución de una partida.

7.- La planificación del cronograma actual rápidamente quedan desactualizado. Esto debido a que no se conocen los tiempos de duración de cada una de las actividades y/o el

rendimiento del personal. Hace falta realizar un análisis de mapeo de cadenas de valor para conocer los tiempos y forma de trabajo de las partidas.

8.- Analizando los indicadores de productividad registrados, podemos concluir lo siguiente: Los operarios cuando tienen trabajo disponible (trabajos previos levantados) están la mayor parte del tiempo agregando valor, porque saben que se les va a pagar por sus avances y no por jornal. De este modo, se ve reflejado en el alto índice de labor contributiva.

9.- Por otro lado, se ha observado un porcentaje de trabajo efectivo bastante bajo. Este indicador nos da muestra del gran tiempo que pasa una actividad sin que se le esté agregando valor, ya que no se ha levantado los trabajos previos y/o la falta de materiales. También, por motivos ajenos a las partidas como lo es la falta de pago a los subcontratistas.

10.- El grado de éxito que tiene la ejecución de las partidas recae en la secuencia de trabajos de las partidas. Por ejemplo: el enchapado de muros de baños se debe realizar antes que el empapelado de muros, para evitar que el polvo (producto del cortado de cerámico) se adhiera al papel; el empapelado de muros debe ejecutarse antes que la puesta de las ventanas y puertas prefabricadas, para que el papel quede “mordido” por la ventana y/o puerta prefabricada; y finalmente la colocación de piso laminado, ya que se busca que ningún operario requiera entrar después de su colocación para evitar daños.

11.- Si bien en este proyecto se ha estudiado cuatro de las muchas partidas de acabado que se desarrollan en una obra, es importante continuar el estudio con las demás partidas. Ya que nos ayudará al momento de realizar el cronograma de todas las partidas y además de entender las formas de trabajo de las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

Ballard, G. (1994) “*The Last Planner*”. Ponencia presentada en Conferencia de Primavera del Norte de California Instituto de la Construcción. Monterrey.

Ballard, G. (1997). *The Last Planner, the missing link to production control*. Proceedings 5th IGLC Conference. Gold Coast.

Ballard, G. (2000). *Lean Project Delivery System*. LCI White Paper-8. Lean Construction Institute, Setiembre 2000.

Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Ph.D. Dissertation, School of Civil Engrg., Univ. of Birmingham, U.K., May, 192 pp.

Ballard, G. (2002). *Managing work flow on design projects: a case study*. Engineering, Construction and Architectural Management, 284–291.

Brioso, X. (2017). Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 - A general overview. Building & Management, 1 (2), pp. 24-35.

Brioso, X., Murguia, D. & Urbina, A. (2017 a). *Comparing three scheduling methods using BIM models in the Last Planner System*. Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal, 9 (2017), Issue 1, pp. 1604–1614.

Brioso, X., Humero, A., Murguia, D., Corrales, J. & Aranda, J. (2017 b). *Using Post-Occupancy Evaluation of Housing Projects to Generate Value for Municipal Governments*. Alexandria Engineering Journal, Article in Press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.015>.

Brioso, X., Humero, A. & Calampa, S. (2016). *Comparing Point-to-Point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A Housing Project of Highly Repetitive Processes Case Study*. Procedia Engineering, 164 (2016), pp. 12–19.

Brioso, X. & Humero, A. (2016). *Incorporating Lean Construction agent into the Building Standards Act: the Spanish case study*. Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal, 8 (2016), Issue 1, pp. 1511-1517.

Brioso, X. (2015 a). *El Análisis de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su Inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación*. PhD thesis. Technical University of Madrid, Spain, 2015.

Brioso, X. (2015 b). *Integrating ISO 21500 Guidance on Project Management, Lean Construction, and PMBOK*. Procedia Engineering, 123 (2015) 76 – 84.

Brioso, X. (2013). *Integrando la Gestión de Producción y Seguridad*. XII Congreso Latinoamericano de Patología y XIV Congreso de Calidad de la Construcción - CONPAT 2013. Cartagena, Colombia, 30 Sep-4 Oct 2013. Cartagena, Colombia: ALCONPAT Internacional.

Brioso, X. (2005). *Gestión de Seguridad en Proyectos de Construcción según la Extensión del PMBOK Guide del PMI. Caso Español*. Congreso: PMI Global Congress 2005 - Latin América, Panamá, Project Management Institute (PMI).

Erikshammar, J., Weizhuo, L., Stehn, L., Olofsson, T. (2013). *Discrete event simulation enhanced value stream mapping: an industrialized construction case study*. Ponencia presentada en 15vo Congreso Anual del Instituto de Lean Construction Dallas, Texas, Estados Unidos.

Fontanini, P., Picchi, F.A. (2002). *Value Stream Macro Mapping – A case study of aluminum windows for construction supply chain*. In 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingor, Denmark, Aug 2004.

Gutiérrez, M., Rivera, F., Durán, A., Sastrón, F., (2005). *Paralelismo entre la teoría transformación-flujo-valor (TFV) y los tipos de fabricación*. Artículo presentado en la Revista de Ingeniería de Organización “Dirección y Organización”, Madrid, España.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Dissertation for the degree of doctor of technology to be presented with due permission for public examination and debate in Luna Auditorium in Spektri Duo at Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

Koskela, L. (1999). *Management of Production in Construction: A Theoretical View*. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA, 26-28 Jul 1999. pp 241-252.

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*, *CIFE Technical Report #72*, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, USA.

Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, 2004.

Moghadam, M., Al-Hussein, M. (2013). *Resource Optimization for Modular Construction through Value Stream Map Improvement*, 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, Aug 2013.

Levano, A.Y. (2011). *Impacts Of "The Last Planner" Method on Sanitation Works*. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.

Murguía, D., Brioso, X. & Pimentel, A. (2016). *Applying Lean Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building*. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, USA, Jul 2016.

Pimentel, A. (2016). *Problemática en la etapa de acabados de edificios multifamiliares y recomendaciones para mejorar la confiabilidad de la programación*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Rosenbaum, Sergio A. (2012) *Aplicación de Mapeo de Cadenas de Valor para la Detección de Pérdidas Productivas y Medioambientales en la Construcción: Estudio de*

Caso en Obra “Clínica Universidad de los Andes”. Tesis de licenciatura con mención en Ingeniería Civil. Santiago de Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Rother, M., Shook, J. (1999). Learning to see: Value Stream Mapping to create value and eliminate muda. Un manual de trabajo y herramienta lean. Brookline, Massachusetts, USA: The Lean Enterprise Institute, Junio 1999.

Rosas, E., (2013). *Integrating The Design Structure Matrix and The Last Planner System Into Building Design*, In 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, Aug 2013.

Solís, R., Zaragoza, N., González, A. (2009). *La administración de los materiales en la construcción. Ingeniería Revista Académica*, vol. 13, núm. 3, septiembre-diciembre, 2009, pp. 61-71 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México.

Shimizu, J., Cardoso, F. (2002). *Subcontracting and cooperation network in building construction: a literature review*. 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013.

Rybkowski, Z. K. (2009). *The application of Root Cause Analysis and Target Value Design to Evidence-Based Design in the Capital Planning of Healthcare Facilities*. PhD thesis. University of California, Berkeley, CA.

Serpell, A.F & Alarcón, L.F. (2007). *Planificación y control de proyectos*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile

Serpell, A.F (1993). *Administración de operaciones de construcción*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile

Sondalini, M. (2015). Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis.

Tsao, C. (1998). *Use of work structuring to increase performance of Project-based production systems*. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering – Civil and Environmental Engineering in the graduate division of the University of California, Berkeley, United States.

Tsao, C., Tommelein, I., Swanlund, E., Howell, G. (2004) *Work Structuring to Achieve Integrated Product–Process Design*, Journal of Construction Engineering and Management © ASCE, December 2004.

Villagarcia, S. (2011). *Formalization as a Way of Coordination and Control in a Construction Firm*. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.

Zamorano, C. (2015). *Guía para la implementación de un sistema de planificación y control en la etapa de acabados y equipamiento de edificaciones*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

