

**PROPUESTA LOGÍSTICA ENFOCADA A LA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS  
RECURSOS ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y ENSAMBLE  
DE UN PROYECTO DE VIVIENDA SOSTENIBLE DESARROLLADO POR EL  
GRUPO PEI DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA PARA EL  
CONCURSO SOLAR DECATHLON CON SEDE LA CIUDAD SANTIAGO DE  
CALI.**

*Propuesta aplicada*

Trabajo de Grado

Presentado por:  
MÓNICA VALDERRAMA G.  
NELSON RODRÍGUEZ R.

Director:  
RAFAEL RÍOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2015

## Tabla de contenido

<b>Listado de Ilustraciones .....</b>	<b>4</b>
<b>Listado de Tablas .....</b>	<b>5</b>
<b>Resumen Ejecutivo.....</b>	<b>6</b>
<b>Glosario de términos y abreviaciones .....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>9</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>11</b>
<b>TRABAJO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA .....</b>	<b>13</b>
<b>VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE .....</b>	<b>14</b>
Sostenibilidad.....	15
Materiales.....	16
<b>CONCURSO SOLAR DECATHLON .....</b>	<b>18</b>
<b>BALANCE SCORECARD (BSC) .....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>20</b>
<b>APORTE DESDE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL .....</b>	<b>20</b>
<b>Formulación del problema.....</b>	<b>22</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>22</b>
<b>GENERAL .....</b>	<b>22</b>
<b>ESPECÍFICOS.....</b>	<b>23</b>
<b>Metodología y Resultados .....</b>	<b>23</b>
<b>Gestionar las actividades previas y posteriores que llevará a cabo el grupo PEI asociadas a la construcción de una vivienda sostenible del concurso Solar Decathlon. ....</b>	<b>1</b>
Cronograma interno de actividades asociado a la construcción previa de la vivienda sostenible ..	3
Reuniones periódicas.....	6
Logística SDLAC 2015 .....	7
<b>Optimizar la asignación de los recursos necesarios para las actividades asociadas al proceso de ensamble de la vivienda sostenible para el Solar Decathlon. ....</b>	<b>9</b>
<b>Generar un manual de políticas logísticas de los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.....</b>	<b>13</b>
Pareto por aporte anual.....	14
Pareto por precio unitario .....	16
<b>Maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos que transportarán los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>34</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>35</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo A. Tipo de maquinaria disponible en Villa Solar durante los días del concurso Solar Decathlon LAC 2015. ....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo B. Cronograma interno del grupo PEI en Hoja de Calculo de Excel.....</b>	<b>37</b>

<b>Anexo C. Acta de Comité de Obra .....</b>	<b>38</b>
<b>Anexo D. Acta de Comité de Obra # 1, Agosto 24 de 2015.....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo E. Acta de Comité de Obra # 1, Agosto 31 de 2015.....</b>	<b>42</b>
<b>Anexo F. Comunicado por parte del Solar Decathlon indicando fechas importantes a tener en cuenta.....</b>	<b>43</b>
<b>Anexo G. Formato de Actividades para la recolección de información .....</b>	<b>44</b>
<b>Anexo H. Formato de Materiales para la recolección de información .....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo I. Formato de Tiempos para la recolección de información .....</b>	<b>46</b>
<b>Anexo J. Pareto por aporte anual.....</b>	<b>47</b>
<b>Anexo K. Pareto por precio unitario.....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo L. Descripción Indicadores de Gestión. ....</b>	<b>1</b>
<b>Anexo N. Listado de materiales.....</b>	<b>2</b>
<b>Anexo O. Políticas ABC para el manejo de inventarios.....</b>	<b>9</b>
<b>Anexo P. Lista de materiales con dimensiones y pesos.....</b>	<b>11</b>
<b>Anexo Q. Cronograma Escuela Taller .....</b>	<b>15</b>
<b>Anexo R. Formato para el calculo de los indicadores de gestión.....</b>	<b>15</b>
<b>Anexo S. Cotizacion Rodarcarga.....</b>	<b>15</b>
<b>Anexo T. Cotización Suoperador .....</b>	<b>15</b>
<b>Anexo U. Cotización Equipos y Soluciones Logísticas SAS.....</b>	<b>15</b>

## **Listado de Ilustraciones**

Ilustración 1. Ciclo PHVA. Elaboración propia .....	2
Ilustración 2. Pareto por aporte anual de los materiales de construcción. Elaboración propia .....	15
Ilustración 3. Pareto por aporte anual de los productos. Elaboración propia. ....	16
Ilustración 4. Pareto por precio unitario de los materiales. Elaboración propia. ....	17
Ilustración 5. Pareto por precio unitario de los productos. Elaboración propia. ....	18
Ilustración 6. Materiales de amortiguamiento. Fuente: Proexport (2003) .....	22
Ilustración 7. Zunchos de polipropileno. Fuente: Proexport (2003) .....	23
Ilustración 8. Cajas de cartón corrugado. Fuente: Proexport (2003) .....	24
Ilustración 9. Clase de vehículos. Fuente: Ríos, R (2015).....	26
Ilustración 10: Cotización SUOPERADOR. Fuente: Suoperador (2015).....	28
Ilustración 11: Cotización ESL. Fuente: ESL (2015) .....	28
Ilustración 12. Cotización ESL. Fuente: ESL (2015).....	29
Ilustración 13. Indicador Cumplimiento de tiempos del cronograma. Elaboración propia. ....	33
Ilustración 14. Indicador Cumplimiento de actividades del cronograma. Elaboración propia. ....	33
Ilustración 15. Formato de actividades. Elaboración propia .....	44
Ilustración 16. Formato de Materiales. Elaboración propia .....	45
Ilustración 17. Formato de tiempos. Elaboración propia.....	46

## **Listado de Tablas**

Tabla 1. Metodología. Elaboración propia. ....	3
Tabla 2. Herramienta de planificación 5W2H. Elaboración propia. ....	3
Tabla 3. Entradas y salidas de información recolectada. Elaboración propia.....	7
Tabla 4. Asignación de recursos por actividad. Elaboración propia. ....	13
Tabla 5. Clasificación de materiales. Elaboración propia.....	20
Tabla 6. Comparación propuestas económicas. Fuente: Elaboración propia (2015).....	29
Tabla 7. Impacto del costo de transporte en el presupuesto. Fuente: elaboración propia (2015).....	31
Tabla 8. Pareto por aporte anual. Elaboración propia. ....	53
Tabla 9. Pareto por precio unitario. Elaboración propia.....	58
Tabla 10. Descripción indicadores de gestión. Elaboración propia. ....	4
Tabla 11. Listado de materiales. Elaboración propia. ....	8
Tabla 12. Listado de materiales con dimensiones y pesos. Elaboración propia. ....	15

## **Resumen Ejecutivo**

El concurso Solar Decathlon 2015 exige el diseño de una vivienda sostenible, la fabricación, el ensamble y el desensamble de la misma en un punto específico en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Requiere de la integración de estudiantes y profesores en diversas áreas del conocimiento. Para el diseño y construcción de la vivienda es necesario contar con arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros eléctricos, diseñadores industriales, entre otros, en diferentes momentos del proceso: Como soporte, se ve la necesidad de la presencia de un ingeniero industrial a lo largo del proyecto. Este puede aportar una eficiente gestión de los diferentes tipos de recursos asociados al proyecto ya sean humanos, financieros, materiales, entre otros.

Con este proyecto, se busca formular una propuesta logística donde se gestionen las actividades previas y posteriores hasta llegar al final del concurso, optimizar la asignación de los recursos necesarios para las actividades asociadas al proceso de ensamble de la vivienda sostenible, generar una política de inventarios ABC para los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos que transportarán los materiales, identificar el presupuesto empleado en cada uno de los posibles escenarios para el transporte y entregar al grupo PEI una idea de indicadores basados en el Balance Scorecard para medir la rentabilidad del proyecto de construcción de viviendas sostenibles para el concurso.

Como principal fuente de información, se llevaron a cabo tres reuniones semanales donde se coordinaron entregas, ideas, asignaciones de tareas, etc. Esto fue plasmado en el diseño de un cronograma de actividades que contiene fechas, tareas y responsables. Por otro lado, se realizaron entrevistas a los arquitectos e ingenieros civiles del proyecto, con el fin de identificar los recursos disponibles y necesarios para el ensamble de la vivienda. Se generó un cronograma de ensamble con la ayuda del software Microsoft Project, el cual fue enlazado

con el programa ArchiCAD, generando un video que permite ver el proceso de construcción de la vivienda.

Por medio de un Pareto, se identificó la priorización de los materiales con el fin de formular políticas de inventarios ABC de los mismos. Adicionalmente, se dividieron los materiales en grupos y se les asignó la forma de embalaje. Con base en esto, se definió el tipo y tamaño de flota que mejor optimice el porcentaje de ocupación y los recursos. Se analizaron diferentes propuestas económicas de proveedores hasta escoger el que más se ajuste a las necesidades del proyecto y por último se propuso una serie de indicadores de gestión para medir los aspectos financieros, cliente, procesos y crecimiento del proyecto.

## **Glosario de términos y abreviaciones**

**Transporte:** Se denomina transporte a un sistema formado por múltiples elementos, siendo tres los fundamentales, la infraestructura, el vehículo y la empresa de servicio que viene a constituir la actividad previamente dicha. Estos elementos están interrelacionados entre sí, pues ninguno es útil sin que los otros existiesen (Truyols Mateu & Cendrero Agenjo, 2008).

**Logística:** Disciplina que tiene como misión diseñar, perfeccionar y gestionar un sistema capaz de integrar y cohesionar todos los procesos internos y externos de una organización, mediante la provisión y gestión de los flujos de energía, materia e información, para hacerla viable y más competitiva, y en últimas satisfacer las necesidades del consumidor final (Castaño, 1998).

**Cadena de Suministro:** (Mentzer et. al. 2001; Truban et. al., 2002) definen la cadena de suministro como un grupo de tres o más entidades (organizaciones o individuos) directamente envueltos en flujo ascendente y descendente de productos, servicios, finanzas y/o información desde su origen (materias primas) hasta un cliente (usuario final).

**Costos Variables:** son aquellos que se generan por la movilización del vehículo. Están dentro de estos costos, los combustibles, el mantenimiento y reparaciones, las llantas, los peajes, los lubricantes, el lavado y engrase y los imprevistos (Ministerio de Transporte, 2011).

**Costos Fijos:** son aquellos en los que incurre el propietario del vehículo independientemente de si está en operación o no. Están dentro de estos costos, los salarios y prestaciones básicas (tripulación), los seguros, el parqueadero, los impuestos y la recuperación de capital (Ministerio de Transporte, 2011).

Otros Costos: son los que dependen de la facturación del viaje que se va a realizar. Están dentro de estos costos, las comisiones y prestaciones, el factor de administración, la rete fuente y la reteICA. (Ministerio de Transporte, 2011)

Guadua: Bambú espinoso perteneciente a la Familia Poacecae, a la sub-familia Bambusoidae y a la tribu Bambuseae (IICA, 2005).

Tabla de Fletes: Guía de precios para la contratación del transporte (Changuendo, 2015).

BSC: El Balance Scorecard (BSC) es un modelo de gestión que traduce la estrategia en objetivos relacionados, medidos a través de indicadores y ligados a unos planes de acción que permiten alinear el comportamiento de los miembros de la organización (Fernandez, 2001).

## **Introducción**

Uno de los principales objetivos de la logística es entregar los bienes o servicios en la cantidad, tiempo y condiciones deseadas por un cliente que busca satisfacer una necesidad en particular (Castaño, 1998). Es evidente que en el día a día existen grandes cantidades de clientes a los cuales hay que satisfacer, uno de ellos fue identificado dentro de la Pontificia Universidad Javeriana: el programa internacional (Pei) de la facultad de arquitectura y diseño que participó en el concurso Solar Decathlon desde Junio del 2014 hasta Diciembre del 2015, con sede la ciudad de Santiago de Cali ubicada en Colombia.

Este concurso es patrocinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos el cual “invita universidades especializadas en ingeniería, arquitectura, diseño urbano sostenible, energías renovables y carreras afines a que participen en el diseño, la construcción, y la operación de soluciones de viviendas sostenibles y que operen con energía

solar” (Solar Decathlon, 2015). El concurso contaba con una serie de reglas y restricciones en diferentes aspectos con los cuales se tenían que regir los participantes.

El concurso como trasfondo tenía por objetivo motivar a las diferentes universidades del mundo a construir casas que amigables con el medio ambiente buscando abastecer la energía de estas casas principalmente de la energía solar.

Es de gran importancia y relevancia por medio de diferentes métodos y técnicas que aporta la ingeniería industrial apoyar dichos proyectos que la sociedad en la actualidad está exigiendo; proyectos sostenibles que se adecuen a las necesidades de la sociedad en la que vivimos; aspecto que como Ingenieros Industriales colombianos en formación llena de motivación al ver que el proyecto propuesto llegaría a impactar positivamente el déficit de vivienda que presenta Colombia (36,21%) , el cual se midió por el DANE y lo descompone cualitativamente (12,37%) “El monto en el cual los hogares superen las viviendas es lo que en la gran parte de la literatura se designa como déficit cuantitativo” (Gómez, 2009) y cualitativamente (23,84%)”El déficit cualitativo hace referencia a las viviendas particulares que presentan deficiencias en la estructura del piso, espacio (hacinamiento mitigable y cocina), a la disponibilidad de servicios públicos domiciliarios y, por tanto, se requiere de dotación de servicios públicos, mejoramiento o ampliación de la unidad habitacional” (Gómez, 2009), a partir de los censos de 1993 y 2005.

El Pei participo con una casa sostenible fabricada en acero y madera adaptable a las necesidades de una vivienda social; para esto el concurso puso como tope de recursos monetarios la suma de 200.000 dólares, de los cuales se tuvo que prever una parte a la logística de transportar los materiales requeridos para la fabricación del prototipo de vivienda desde la ciudad de Bogotá a la ciudad de Cali.

Esta parte logística fue de gran importancia dentro del concurso ya que existían unas fechas límites de entrega y ejecución de algunas tareas (ver anexo D) y si estas no se

cumplían el equipo podría llegar a ser descalificado de la competencia, por lo tanto, fue de suma importancia diseñar una propuesta logística primero, que se adecuara al presupuesto del concurso y que por otro lado que fuera segura para cumplir con las condiciones de tiempo, cantidad y condiciones del producto que se esperaba entregar.

Es evidente que la logística es necesaria en diferentes frentes de la sociedad y es de gran motivación investigar y aportar directamente en proyectos que buscan impactar sostenible y socialmente la sociedad colombiana, directamente en el concurso se apoyó y aportó por medio de la gestión de diferentes recursos relacionados a lo largo del proceso, buscando minimizar o maximizar estos recursos según se requirió con el fin de guiar estratégicamente las metas del grupo; adicionalmente por medio de un estudio de tiempos se buscó minimizar el tiempo de ensamble y llegar a ser competitivos en las dos semanas de ensamble de la vivienda en la ciudad de Santiago de Cali Colombia.

### **Antecedentes**

El Solar Decathlon 2015 es un concurso que se realizará en la ciudad de Santiago de Cali, Valle del Cauca, con objetivo principal “promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema nacional (...) como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético” (Solar Decathlon, 2015). El Solar Decathlon LAC 2015 se presenta como un espacio dinámico de elaboración de propuestas y construcción de soluciones reales que impacten de manera positiva a la comunidad, teniendo en cuenta las circunstancias de desigualdad social y económica que enfrenta la región de América Latina y del Caribe (Solar Decathlon, 2015).

El fin del concurso Solar Decathlon es construir viviendas sostenibles las contarán con paneles solares para la producción de energía y de cubiertas y fachadas verdes para la producción de alimentos.

Para cumplir el objetivo de la construcción de las viviendas se necesita empezar por la parte logística del proyecto con el fin de brindar una propuesta al concurso permitiendo a futuras personas asociadas a los temas de gestión de proyectos hacer uso de la propuesta y maximizar la satisfacción de los involucrados.

Durante las últimas décadas se han realizado numerosos estudios, tanto a nivel global como a nivel local, para determinar la logística necesaria a implementar para maximizar el beneficio del transporte terrestre colombiano minimizando costos logísticos y generando gran beneficio a los clientes.

El Ministerio de Transporte de Colombia ha publicado algunos tales como: Caracterización del Transporte Terrestre Automotor de Carga en Colombia, donde se evidencian los vehículos por modelo, configuración, servicio, número de ejes, combustible, estado, capacidad de carga; se realizan los análisis de tendencias, distribución y participación del parque automotor de carga (Ministerio de Transporte, 2013), Aspectos de la situación actual del aseguramiento en el sector del servicio público de transporte terrestre automotor, el cual contiene una delimitación, definición y detalles de los aspectos que impliquen inconvenientes, costos y sobrecostos subsanables, respecto de los cuales se presentan propuestas (Ministerio de Transporte, 2004), Apoyo a la oficina de Regulación Económica del Ministerio de Transporte para la implementación y desarrollo de un proceso dinámico de análisis de los costos que inferen en el cobro de peajes en la definición de criterios variables el cual se basa en un modelo para el cálculo de peajes en las carreteras nacionales (Bocarejo H., 2007).

## **TRABAJO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

Uno de los estudios es un proyecto de grado realizado anteriormente en la Pontificia Universidad Javeriana elaborado por Claudia Marcela Páez Castillo donde se identifican los costos fijo y variables que incurran en cada uno de los tipos de operación de transporte de carga con el fin de diseñar un sistema para calcular los costos directos operacionales de transporte de carga de Prakxon Logística en Bogotá, Medellín y Cali, y desde y hacia los municipios aledaños a estas ciudades con el objetivo de lograr negociaciones más acertadas con transportistas y clientes.

El proyecto llevado a cabo fue la gestión eficiente de recursos asociados a la fabricación, transporte y ensamble de una vivienda sostenible para el concurso Solar Decathlon LAC 2015 con sede en la Ciudad Santiago de Cali, Valle del Cauca.

La logística de transporte se puede definir como “conjunto de medios y métodos que permiten organizar un servicio o una empresa” (Castaño, 1998); es decir, la logística está vinculada a la colocación de productos (sea un bien o un servicio) en el lugar preciso, en el tiempo apropiado y bajo las condiciones adecuadas.

Los materiales fueron transportados en un contenedor de capacidad X donde se logró aprovechar al máximo la capacidad de este logrando el mayor cuidado de los materiales. Para introducir los materiales al contenedor se hizo uso del modelo Last In-First Out (LIFO), el cual se basa en la filosofía “Últimos en entrar, primeros en salir”. Se hizo uso de este modelo debido a que los requerimientos del concurso establecían que el contenedor debía permanecer en la zona de construcción hasta finalizar el periodo de ensamble, por lo tanto se requirió optimizar la utilización del contenedor permitiendo la salida de materiales en la medida que se iban necesitando.

## VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

A través de los años globalmente se ha empezado con la iniciativa de “Construcción sostenible” que trata de construir casas de madera, dejando de lado el concreto, mejorando la calidad de vida del planeta.

La construcción de casas de madera es una opción de vivienda más ecológica y económica en comparación con las de ladrillo y hormigón tradicional. La madera es considerado un recurso natural y beneficiosa para el medio ambiente. “El objetivo es lograr un confort eco-amigable, esa habitabilidad que genera bienestar, siempre minimizando la huella de carbono y todo tipo de impacto ambiental, para que nada tenga que envidiar a estilos de vida basados en el despilfarro energético. No en vano, a la hora de diseñar una casa la eficiencia energética es un aspecto clave, si bien la arquitectura bioclimática es mucho más que eso” (Madera, 2011). La construcción en madera necesita menos energía, supone menor impacto ambiental y menor huella de carbono que las convencionales: la madera es un sumidero de CO<sub>2</sub> (Madera, 2011).

Actualmente en Colombia existe la iniciativa de construcción sostenible donde decenas de proyectos arquitectónicos buscan la armonía con el medio ambiente. En Colombia, desde el 2008 existe el Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible (CCCS), el cual es miembro del Consejo Mundial de Construcción Sostenible (World Green Building Council), y su misión es liderar la transformación de ciudades y del sector de la construcción hacia la sostenibilidad (CCCS, 2008).

Hoy en día los nuevos arquitectos buscan la construcción de edificaciones “triple cero”: edificaciones que no consuman energía externa, no emitan CO<sub>2</sub> y no generen residuos en caso de demolición (SoyECOLombiano, 2008). El problema se debe a que cada uno de los edificios y casas habitadas producen una huella ecológica sobre el planeta por lo que la

construcción, operación y demolición consumen gran cantidad de recursos y residuos contaminantes. Se calcula que el sector residencial y de oficinas consume el 40% de los recursos de todo el mundo, especialmente de energía, y es responsable del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> que van a la atmósfera (World Green Building Council, 2005).

El concreto es considerado uno de los principales materiales de construcción particularmente contaminante debido a que para su producción se requiere mezclar piedra caliza y arcilla a temperaturas que rondan los 1500 °C. El consumo de combustibles y de energía es enorme.

### Sostenibilidad

La sostenibilidad pretende movilizar la responsabilidad colectiva para hacer frente al conjunto de graves problemas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad, apostando por la cooperación y la defensa de interés general (Organización de estados Iberoamericanos para la Educación).

El concepto de sostenibilidad surge en los años 80 a partir de perspectivas científicas sobre la relación entre el medio ambiente y la sociedad dando como resultado una “emergencia planetaria”. Se impuso que el estado del planeta se debía a la intervención humana generando daños irreparables amenazando el presente y el futuro de la humanidad.

Con el fin de solucionar estos problemas generados por la humanidad la Organización de las Naciones Unidas generó informes con ideas, análisis políticos y observaciones sobre la sostenibilidad presentada por la Organización. Entre ellos está el Informe de Desarrollo Humano 2011, Informe sobre la economía verde y el Informe sobre la sostenibilidad mundial.

Economía verde: El Informe sobre la economía verde del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente demuestra que las economías verdes son el nuevo futuro del planeta, un nuevo motor de crecimiento, que generan empleos y vitales para eliminar la persistente pobreza. El estudio en una de sus conclusiones afirma que “la transición hacia la

economía verde creará nuevos empleos que, con el tiempo, rebasarán las pérdidas en los puestos de trabajo en la “economía contaminadora”, en particular en los sectores de la agricultura, la construcción, la energía, la silvicultura y el transporte” (UNEP's Green Economy Activity, 2011).

### Materiales

Colombia ocupa el segundo lugar en biodiversidad de bambú en Latinoamérica. La guadua es un género de planta de la familia del bambú y es considerada una de las plantas nativas representativas de los bosques andinos. “La región andina tiene la mayor cantidad y la más grande diversidad en población de especies de árboles (89%) y la cordillera oriental la más rica, con el 55% de bosques de bambú reportados hasta ahora” (IICA, 2005). Colombia cuenta con 7 departamentos con mayor diversidad de bosques de bambú: Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Nariño y Quindío.

La guadua permite construir con ella casi todos los elementos de una vivienda, toma de 4 a 6 años para madurar y su proceso de descomposición comienza aproximadamente a los 10 años.

Además de la guadua utilizada para la construcción existen materiales empleados en esta industria los cuales se dividen en dos grupos importantes: Materiales ferrosos y NO ferrosos. La palabra ferroso significa hierro y los denominados ferrosos son aquellos materiales que dentro de sus propiedades contienen hierro como ingrediente principal. El acero es considerado uno de los materiales ferrosos más versátiles y más adaptable para la industria.

Por otro lado, el acero es una combinación de hierro con carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%) considerado hierro altamente refinado. Su fabricación empieza con la reducción de hierro el cual se convierte más tarde en acero (CAP S.A., 2000).

Adicionalmente, los paneles solares son placas o laminas solares ubicadas sobre una base dura y asegurada con marcos donde los rayos solares caen para transformarse en energía eléctrica y utilizar los electrodomésticos, o en calor para calentar agua o secar el aire del ambiente (Tames, 2012).

En el estudio “Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas” el autor pretende presentar el desarrollo de la energía solar en Colombia, principalmente sus aplicaciones y las actividades de Investigación y Desarrollo (I&D).

Los paneles solares cuentan con uno o varios colectores solares y de su respectivo tanque de almacenamiento. El colector empleaba una parrilla de tubería de cobre y, como absorbedor, láminas de cobre o de aluminio. Como película absorbidora se empleaba pintura corriente o con aditivos, y otros absorbedores selectivos. La cubierta exterior era vidrio corriente o templado y el aislamiento fibra de vidrio, icopor o poliuretano. El tanque generalmente era metálico en sistemas presurizados o de asbesto cemento en sistemas abiertos (Rodríguez Murcia, 2009).

Instituciones como el antiguo Banco Central Hipotecario, al hacer diferentes análisis del valor presente neto, comprendieron que era mas útil y económico emplear calentadores solares que emplear electricidad para calentar agua (Rodríguez Murcia, 2009).

La generación de electricidad con energía solar por medio de sistemas fotovoltaicos ha estado principalmente en el sector rural. Esta actividad inició con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom en los años 80, donde se instalaron generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Vatio pico) para radioteléfonos rurales. en 1983 habían 2950 sistemas instalados. Prontamente el proyecto instaló sistemas de 3 a 4 kWp para las antenas satelitales terrenas (Rodríguez Murcia, 2009).

Posteriormente, para 1885 y 1994 se habían importado 48499 módulos solares con potencia de 2.05 MWp, donde 21238 módulos con potencia de 843.6 kW fueron instalados en

proyectos de telecomunicaciones y 20829 módulos con 953.5 kWp en electrificación rural (Rodríguez Murcia, 2009).

## **CONCURSO SOLAR DECATHLON**

El Solar Decathlon es una competencia internacional que invita a los estudiantes de las universidades especializadas en ingeniería, arquitectura, diseño urbano sostenible, energías renovables y carreras afines a que participen en el diseño, la construcción y la operación de soluciones de viviendas sostenibles y que operen con energía solar (Solar Decathlon, 2015).

La competencia fusiona el conocimiento teórico y el empírico ya que los equipos deben construir sus casas en escala real y participar en 10 diferentes pruebas que identifiquen sus proyectos como fuentes de conocimiento e innovación encaminadas a la mitigación del cambio climático a través de la implantación de energías renovables, a la conservación de los recursos naturales, al ahorro de recursos económicos y a mejorar la calidad de vivienda actual (Solar Decathlon, 2015).

Desde el 2002 el Solar Decathlon ha (Solar Decathlon 2015, 2015):

- Involucrado 112 equipos universitarios, que persigue un enfoque multidisciplinario para estudiar los requerimientos para el diseño y construcción de energía eficiente y casas alimentadas por energía solar.
- Establecido una reputación mundial como un programa educacional exitoso y oportunidades de desarrollo laboral para miles de estudiantes.
- Afectado la vida de cerca de 17.000 participantes universitarios.
- Educado al público acerca de los beneficios, asequibilidad y disponibilidad de soluciones de energía limpia generando amplia cobertura mediática aprovechando las herramientas digitales para llegar a decenas de millones de personas.

Así mismo, "Solar Decathlon" hace parte de una estrategia educativa integral, ya que los proyectos son exhibidos al público buscando generar una cultura ciudadana que reconozca la existencia de otras fuentes de energías renovables, y se concientice sobre la importancia del cuidado del medio ambiente (Solar Decathlon, 2015).

### **BALANCE SCORECARD (BSC)**

El Balance Scorecard (BSC), también conocido como el Cuadro de Mando Integral (CMI), es un modelo de gestión que permite alinear los objetivos de la organización con la planeación estratégica por medio de indicaciones de gestión ligados a paneles de acción. El Cuadro de Mando Integral, por medio de mapas estratégicos, asignación de recursos y evaluaciones de desempeño, ayuda a adecuar el comportamiento de las personas a la estrategia empresarial.

El BSC tiene cuatro diferentes perspectivas:

1. **Perspectiva Financiera:** Responde a la pregunta ¿Qué debemos hacer para satisfacer las expectativas de nuestros accionistas? Y tiene como objetivo aumentar el valor de la unidad, el crecimiento de ventas en segmentos clave y mantener la rentabilidad fijada por la dirección. (Fernandez, 2001)
2. **Perspectiva del Cliente:** Responde a la pregunta ¿Qué debemos hacer para satisfacer las necesidades de nuestros clientes? Y sus objetivos son fidelizar clientes rentables, mejorar la densidad de productos por clientes, penetrar en nuevos canales, aumentar ventas de nuevos productos, mejorar la satisfacción de clientes y ser considerado líder por los distribuidores. (Fernandez, 2001)
3. **Perspectiva Interna:** Responde a la pregunta ¿En qué procesos debemos ser excelentes para satisfacer esas necesidades? Y sus objetivos son identificar nuevos clientes, aumentar la intensidad de la relación con clientes, mejorar la

calidad del servicio, gestionar los recursos de forma eficiente, convertirse en una e-company, reforzar la imagen/marca. (Fernandez, 2001)

4. Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento: Responde la pregunta ¿Qué aspectos son críticos para poder mantener esa excelencia? Y tiene por objetivo mejorar las capacidades de personas clave, mejorar la comunicación interna, potenciar las alianzas clave, adaptar la tecnología a las necesidades, conseguir fuente de financiación y cambiar una gestión por procesos. (Fernández, 2001)

### **Justificación**

Para medir el nivel de utilización de los camiones se hará uso de un indicador de gestión de transporte con el mismo nombre el cual consiste en determinar la capacidad real de los camiones respecto a su capacidad instalada en peso y en volumen y sirve para conocer el nivel de utilización real de los camiones con el fin de determinar la necesidad de optimizar la capacidad instalada. La fórmula para hacer el cálculo del índice es (Angulo, Flórez, Jaramillo, & Moreno, 2012):

### **APORTE DESDE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“Los ingenieros industriales diseñan procesos flexibles que conforman la cadena de valor y que de manera responsable permite producir productos (bienes o servicios) que satisfagan o superen las expectativas del mercado”<sup>1</sup>. De acuerdo a la definición anterior, la facultad de ingeniería industrial de la universidad Javeriana intervendrá con el grupo PEI de la facultad de diseño y arquitectura para cumplir con los objetivos del Solar Decathlon.

Se diseñó una propuesta logística que intervino en los procesos asociados a la construcción de viviendas sostenibles por el grupo PEI de la Universidad Javeriana con el

---

<sup>1</sup> Definición propuesta por el profesor Jairo Vargas en la clase de Producción de la carrera de Ingeniería Industrial.

objetivo de optimizar el tiempo, los recursos y las actividades para maximizar la satisfacción del cliente.

Las herramientas de ingeniería utilizadas tales como la medición y estandarización de tiempo las actividades del proceso de construcción de la vivienda, la determinación de índices de gestión para simplificar y mejorar la planeación de los procesos, la planeación y asignación del personal para las diferentes tareas. El propósito final se basaba en crear una estrategia global que permitiera el direccionamiento preciso del grupo y las personas asociadas al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Por otro lado se hizo uso la estandarización de los procesos, gestión de inventarios y planes de producción para la coordinación y gestión de los recursos buscando maximizar la eficiencia operativa del grupo y especificar las combinaciones óptimas de las tasas de producción de la mano de obra y del inventario disponible logrando reducir al máximo la asignación de los costos.

Por último se requirió hacer estudios para el transporte de la materia prima e insumos, maximizando la capacidad de los camiones, análisis de Benchmarking (Mora Garcia, 2008), definiendo la mejor alternativa de transporte para reducir los costos logísticos de transporte, cumpliendo con el presupuesto del Solar Decathlon, asegurando la llegada de los materiales en condiciones perfectas, cumpliendo con los objetivos estratégicos y maximizando la satisfacción del cliente.

La prueba piloto de construcción de la vivienda sostenible se realizó buscando encontrar las fallas o imprevistos asociados a la construcción y buscando estudiar la adecuada asignación de recursos en cada una de las actividades de los equipos y del grupo en general. Se tuvieron en cuenta todo tiempo de variables asociadas al proceso, entre las cuales se encontraban herramientas, materiales, recurso humano y recurso económico.

De acuerdo a un estudio de Déficit de Vivienda (Censo General) aplicado por el DANE en el país, de un total de 554,918 hogares estudiados de la ciudad de Cali, 99,196 hogares, es decir, 17,88% del total son hogares en déficit de vivienda.

El objetivo principal del Solar Decathlon LAC 2015 se basa en reducir el impacto negativo en el medio ambiente para proyectar al Valle del Cauca como referente internacional en la utilización de energías limpias y soluciones sostenibles aplicadas a la vivienda social. (Universidad de San Buenaventura de Cali, 2014)

Según la Gerencia de Gestión e Innovación de Proyectos del Pacífico (GIP), entidad promotora del concurso, viviendas con energía solar les permitirá a las familias ahorrarse hasta un 80% en sus facturas de servicios públicos.

### **Formulación del problema**

Actualmente el grupo PEI requiere de una propuesta logística que permita hacer uso de los recursos de la manera más adecuada permitiendo maximizar la satisfacción de los participantes al menor costo posible.

Por esta razón, este proyecto pretende responder a ¿Cómo lograr gestionar eficientemente los recursos asociados a la fabricación, transporte y ensamble de una vivienda sostenible propuesta por el grupo Pei de la pontificia universidad Javeriana, que se ajuste a las reglas y presupuesto del concurso Solar Decathlon para América Latina y el Caribe 2015 con sede la ciudad Santiago de Cali?

### **Objetivos**

#### **GENERAL**

Diseñar una propuesta logística de gestión eficiente de los recursos asociados a la fabricación, transporte y ensamble de una vivienda sostenible propuesta por el grupo Pei de la Pontificia universidad Javeriana, que se ajuste a las reglas y presupuesto del concurso Solar

Decathlon para América Latina y el Caribe 2015 con sede la ciudad Santiago de Cali, Colombia.

### **ESPECÍFICOS**

1. Gestionar las actividades previas y posteriores que llevará a cabo el grupo PEI asociadas a la construcción de una vivienda sostenible del concurso Solar Decathlon.
2. Optimizar la asignación de los recursos necesarios para las actividades asociadas al proceso de ensamble de la vivienda sostenible para el Solar Decathlon.
3. Generar un manual de políticas logísticas de los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.
4. Maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos que transportarán los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.
5. Identificar el presupuesto empleado en cada uno de los posibles escenarios para el transporte de los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.
6. Entregar al grupo PEI indicadores de gestión basados en el Balance Scorecard para medir la rentabilidad del proyecto de construcción de viviendas sostenibles para el concurso Solar Decathlon 2015.

### **Metodología y Resultados**

Para lograr el alcance de los objetivos del proyecto planteados anteriormente se llevaron a cabo diversas metodologías que permitieron obtener resultados relevantes para una propuesta logística de gestión eficiente de los recursos asociados a la fabricación, transporte y ensamble de una vivienda sostenible propuesta por el grupo PEI.

A continuación se muestra la metodología utilizada para el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

*Metodología*

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>RESULTADO ESPERADO</b>
<p>Gestionar las actividades previas y posteriores que llevará a cabo el grupo PEI asociadas a la construcción de viviendas sostenibles del concurso Solar Decathlon.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar las actividades a evaluar</li> <li>-Hacer medición de tiempos</li> <li>-Registrar tiempos</li> <li>-Determinar recursos asociados al proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Microsoft Project</li> <li>-Registros de Campo</li> <li>-Microsoft Excel</li> <li>-ArchiCad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cronograma de actividades</li> <li>-Simulación</li> </ul>
<p>Optimizar la asignación de los recursos necesarios para las actividades asociadas al proceso de ensamble de la vivienda sostenible para el Solar Decathlon.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evaluar el cronograma de actividades</li> <li>-Evaluar los recursos a utilizar</li> <li>-Identificar las características de los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Simulador</li> <li>-Cronograma de actividades</li> <li>-Registro de Campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lista de recursos necesarios</li> </ul>
<p>Generar una política de inventarios ABC para los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Entrevistar a los arquitectos con el fin de obtener la totalidad de materiales a transportar</li> <li>-Registrar la información obtenida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Entrevista a profundidad</li> <li>-Fichas técnicas.</li> <li>-Hoja de cálculo (Excel )</li> <li>-Manuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manual de prevención para cada uno de los materiales que serán transportados.</li> <li>-Política de inventarios ABC</li> </ul>

	<p>luego de la entrevista</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Crear formato de control de materiales</li> <li>-Buscar información de las características físicas de cada material.</li> <li>-Identificar los diferentes tipos de empaque.</li> </ul>		
<p>Maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos que transportarán los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Relacionar características físicas de los materiales con las condiciones de empaque para ser transportado cada material</li> <li>-Identificar los diferentes vehículos con sus capacidades reales</li> <li>-Identificar la capacidad que ocuparía la carga de los materiales e insumos o prototipo de vivienda</li> <li>-Relacionar la capacidad real con la capacidad de los vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ficha técnica vehículos</li> <li>-Lista de materiales entregada por arquitectos e ingenieros</li> <li>-Hoja de cálculo (Excel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantilla con diferentes alternativas de tamaño y tipo de flota con sus respectivos costos asociados.</li> <li>-Plantilla con diferentes alternativas de ocupación de vehículos dependiendo del tipo de flota.</li> </ul>

<p>Identificar el porcentaje de presupuesto empleado en cada uno de los posibles escenarios para el transporte de los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar los costos asociados al proyecto</li> <li>-Identificar los diferentes escenarios viables al proyecto</li> <li>-Determinar el escenario más razonable</li> <li>-Identificar el porcentaje del presupuesto a utilizar en la propuesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Presupuesto Solar Decathlon LAC 2015</li> <li>-Hoja de cálculo (Excel)</li> <li>-Plantilla con diferentes alternativas y costos asociados</li> <li>-Cotizaciones</li> </ul>	<p>-Plantilla con diferentes porcentajes de presupuesto empleado para cada escenario señalando la opción más razonable a aplicar.</p>
<p>Entregar al grupo PEI indicadores basados en el Balanced Scorecard para Medir la rentabilidad del proyecto de construcción de viviendas sostenibles para el concurso Solar Decathlon 2015</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Definir variables a estudiar</li> <li>-Definir objetivos y estrategias</li> <li>-Definir indicadores</li> </ul>	<p>-Balanced Scorecard</p>	<p>-Indicadores de Gestión</p>

*Tabla 1.* Metodología. Elaboración propia.

## **Gestionar las actividades previas y posteriores que llevará a cabo el grupo PEI asociadas a la construcción de una vivienda sostenible del concurso Solar Decathlon.**

Este objetivo se dividió en 3 factores importantes: Cronograma interno de actividades asociado a la construcción previa de la vivienda sostenible, reuniones periódicas y logística SDLAC 2015 y se le aplicó diferentes herramientas de Ingeniería Industrial las cuales permitieron una adecuada organización de todo el grupo.

En primera instancia se buscaba la organización interna del grupo, es decir, se buscaba poder recopilar toda la información necesaria del grupo en general y específicamente de cada uno de los grupos en los que se dividió la construcción y así poder hacer un cronograma con fechas límites de entregas, reuniones obligatorias, envío de cotizaciones y recepción de materiales, entre otros.

El grupo se dividió en siete (7) distintos equipos considerados la “Ruta Crítica” del proceso de construcción. Estos equipos son los elementos esenciales de la construcción de la casa: Estructura, Fachada, Hidráulico, Eléctrico, Exteriores, Cubierta y Mobiliario. Si un equipo fallaba en una actividad, los demás se veían afectados.

Como metodología para el cumplimiento de este objetivo se hizo uso del ciclo PHVA que hace referencia a Planear-Hacer-Verificar-Actuar. El punto de enfoque se basó en la parte de planear debido a la que se definieron las metas, los métodos para el cumplimiento de estas, y las acciones preventivas.

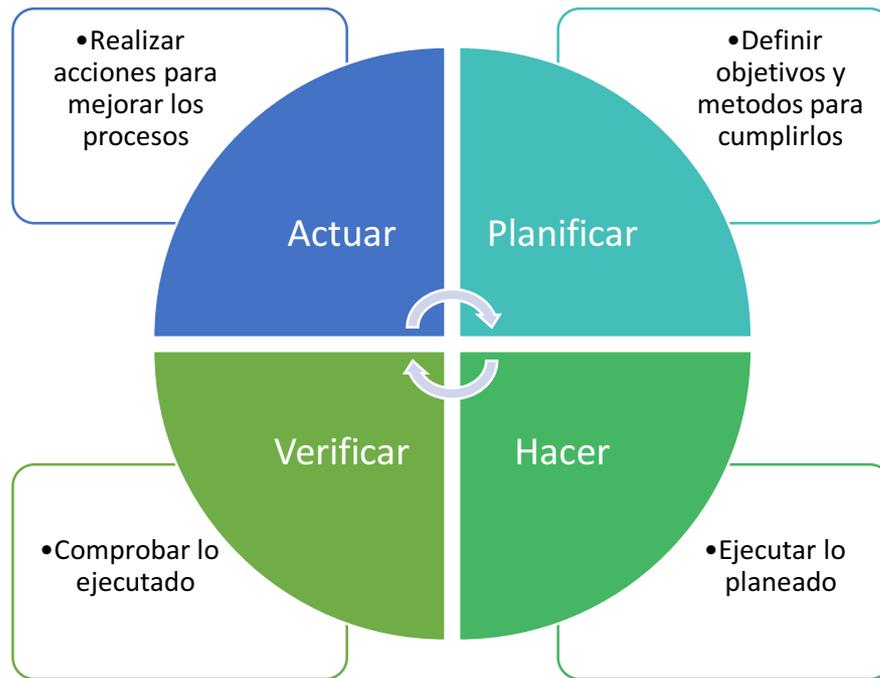


Ilustración 1. Ciclo PHVA. Elaboración propia.

Para la fase de planeación se realizaron reuniones con el fin de escuchar las opiniones de los participantes por equipos y a través de la herramienta de planificación 5W2H se respondieron las siguientes preguntas claves (5W: What, Why, When, Where, Who, 2H: How, How much).

A continuación se presenta una tabla donde se hizo registro de la información más importante que permite conocer a profundidad el proyecto.

<b>¿Qué (What)?</b>	Se va a construir una vivienda social sostenible y amigable con el medio ambiente con materiales como acero y madera.
<b>¿Por qué (Why)?</b>	Participación en el concurso Solar Decathlon 2015 que se llevará a cabo en la ciudad de Santiago de Cali. De la misma manera se va a construir el prototipo de vivienda en Bogotá en la Estación de la Sabana con el fin de determinar los procesos necesarios a llevar a cabo durante el concurso.
<b>¿Cuándo</b>	El prototipo se construirá desde el mes de octubre hasta mitades de

<b>(When)?</b>	noviembre. El concurso se lleva a cabo del 20 de noviembre al 20 de diciembre.
<b>¿Dónde (Where)?</b>	El prototipo se construirá en la Escuela Taller de la Sabana ubicado en la Calle 13 # 18-90. El concurso se llevara a cabo en la ciudad de Santiago de Cale.
<b>¿Quién (Who)?</b>	Estudiantes de Arquitectura, ingeniería industrial, ingeniería civil, ingeniería electrónica, profesores, especialistas y asociados.
<b>¿Cómo (How)?</b>	Se llevaran a cabo cronogramas, simulaciones y gestión de recursos con el fin de determinar la metodología a utilizar.
<b>¿Cuánto (How much)?</b>	Se cuenta con un presupuesto de USD 200.000 para llevar a cabo toda la construcción incluyendo logística e imprevistos.

*Tabla 2. Herramienta de planificación 5W2H. Elaboración propia.*

Esta información permitió gestionar las actividades que se llevaron a cabo para construir la casa en el Solar Decathlon 2015.

Adicionalmente, junto a un Ingeniero Civil participante del concurso Solar Decathlon se generó una simulación en el software ArchiCad y Microsoft Proyect con el fin de evaluar el proceso constructivo planteado junto con los tiempos asociados a cada actividad.

#### Cronograma interno de actividades asociado a la construcción previa de la vivienda sostenible

Durante las reuniones con los participantes y profesores al concurso se definió un cronograma asociado a la logística interna del grupo participante. Este cronograma era “ideal”, es decir, contenía fechas de entregas teóricas. El cronograma se estructuró de la siguiente manera:

1. Se hizo una división por equipos y se asignaron las actividades asociadas a cada uno.
2. Por cada actividad se impuso una fecha límite de entrega y un periodo para llevar a cabo cada una de ellas.

3. Un responsable por actividad con datos de contacto para mejorar la comunicación con cada equipo.

Nota: Para mayor información de la división por equipos y asignación de actividades referirse al Anexo B.

Adicionalmente se agregaron las fechas importantes para el grupo en general como: último entregable al Solar Decathlon (donde se debían entregar los planos finales de la vivienda), cargue de los materiales y elementos de la vivienda al contenedor, llegada de los participantes a la ciudad de Cali, entre otras.

El cronograma ideal se llevó a cabo en el software Microsoft Project (Anexo M) el cual nos permitió ver fechas destinadas a cada actividad, ruta crítica de las actividades, duración de las actividades, entre otros.

Gracias al cronograma planteado y al proceso de construcción en la Escuela Taller de la Sabana (Anexo T) se arrojaron los siguientes resultados:

1. Se percibió un retraso de 18 días en los tiempos de construcción previa al concurso debido a la demora en la compra de los materiales. Este retraso se percibió comparando el día de inicio del montaje de la estructura en el anexo B con el día de inicio del montaje de la estructura con el nuevo cronograma planteado en la Escuela Taller, anexo T. El porcentaje de retraso, calculado con la ecuación mostrada a continuación muestra que la construcción de la estructura se demoró un 111,76% más de lo planeado. Este cálculo se hizo de la siguiente manera:

Se contaron los días desde el 29 de septiembre, fecha inicial en la cual se planeaba iniciar la fabricación de todos los elementos de la vivienda. En el cronograma propuesto (anexo B) da un total de 17 días hasta el día en que se debía iniciar la construcción; y en el cronograma final de la Escuela Taller (anexo T) da un total de 34 días. Los cálculos fueron los siguientes:

$$\Delta R = \frac{\text{Tiempo real} - \text{Tiempo teórico}}{\text{Tiempo teórico}} * 100\%$$

$$\Delta R = \frac{36 \text{ días} - 17 \text{ días}}{17 \text{ días}} * 100\%$$

$$\Delta R = \frac{19 \text{ días}}{17 \text{ días}} * 100\%$$

$$\Delta R = 1,1176 * 100\%$$

$$\Delta R = 111,76\%$$

El impacto percibido por el retraso mencionado anteriormente se vio reflejado en la cantidad de trabajo acumulado en la Escuela Taller, la cantidad de personas trabajando para lograr la construcción previa y la cantidad de horas laborales requeridas para finalizar la construcción.

2. Se hizo uso de toda la semana destinada a los imprevistos de construcción para construir la vivienda en la ET por lo que se requirió doblar los turnos de construcción para poder finalizar la construcción y el desensamble. Los tiempos de trabajo aumentaron; las jornadas de trabajo planeadas eran de 8:00 am a 4:00 pm de lunes a viernes pero se tuvieron que aumentar las horas por día y trabajar sábados y domingos.

3. Se observaron fallos en las zapatas de concreto debido a que por falta de tiempo se tuvo que desencofrar con rapidez y las zapatas no habían alcanzado el porcentaje mínimo de resistencia de concreto para poder hacer uso de ellas. De la misma manera se encontró un fallo entre planos debido a que las medidas de las zapatas no coincidían con las medidas de la estructura por lo que en la construcción previa no se hizo uso de las zapatas y para la construcción en Villa Solar se tuvo que “remendar” el error de medidas.

4. Gracias a los retrasos de tiempo percibidos por el grupo PEI se debió hacer uso de metodologías no contempladas dentro de los cronogramas y presupuesto para poder cumplir con las tareas a tiempo.

#### Reuniones periódicas

Con el fin de controlar el flujo de información entre los equipos del grupo PEI encargado de la construcción de la casa se planearon reuniones periódicas llamadas “Comité de Obra”. En estas reuniones se trataban temas relacionados con los entregables y los avances de cada equipo. También se dejaban tareas o asignaciones a cada grupo y se llevaba un formato de campo denominadas “Actas de Reunión” (Anexo C) con el fin de tener un soporte de las reuniones.

Las fechas destinadas al Comité de Obra fueron las siguientes:

1. Agosto 24 del 2015 (Anexo D)
2. Agosto 31 del 2015 (Anexo E)
3. Septiembre 7 del 2015
4. Septiembre 14 del 2015
5. Septiembre 21 del 2015
6. Septiembre 28 del 2015

La reuniones periódicas llevadas a cabo fueron las dos reuniones que se pueden observar en los ANEXOS D y E. Sólo se llevaron a cabo estas dos debido a que posterior a las fechas nombradas anteriormente el grupo de trabajo se dividió para desarrollar las diferentes tareas, por lo que nunca se dio la posibilidad de tener nuevamente todo el grupo reunido.

Dentro de estas reuniones se pudo recolectar información importante registrada en los formatos mencionados más adelante, se pudo discutir los retrasos en los tiempos de construcción y principalmente se le informo al equipo de la logística del grupo: se entregaron

cotizaciones del transporte, se les informo de la gestión de actividades y se les mostró los cronogramas planteados con el fin de obtener su aprobación.

La información recolectada se registro a través del método “Entradas y salidas” con el fin de determinar que información era necesaria o que información sobraba. La entradas son la información que se recolecto en las reuniones programadas con el grupo PEI y las salidas fueron los resultados obtenidos al reunir la información recolectada.

A continuación se muestra una tabla donde se puede observar lo mencionado anteriormente.

<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales</li> <li>• Tiempos</li> <li>• Personas disponibles</li> <li>• Recursos necesarios</li> </ul>	Proceso constructivo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos disponibles</li> <li>• Tiempos requeridos</li> </ul>	Asignación de recursos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales</li> <li>• Preferencia de transporte</li> </ul>	Acomodación en el vehículo

*Tabla 3. Entradas y salidas de información recolectada. Elaboración propia.*

### Logística SDLAC 2015

La asistencia de los participantes al concurso Solar Decathlon 2015 estaba programada para las fechas del 01 de Noviembre al 20 de Diciembre de acuerdo a un comunicado (Anexo F) enviado por el concurso.

Dentro de estas fechas estaba incluido: Recepción de los contenedores en Villa Solar (espacio destinado a la construcción de las casas), registro de los participantes, periodo de ensamble, periodo de pruebas y de visitas del público, premiaciones y periodo de desensamble.

Para llevar a cabo una buena planeación y posteriormente una adecuada ejecución del proyecto se trabajaron varios cronogramas para la asignación de actividades a cada participante durante los periodos mencionados anteriormente.

Adicionalmente el grupo fue dividido en dos turnos de 8 horas cada uno (debido a que los tiempos de construcción en Villa Solar son de 24 horas de disponibilidad pero se contaba con disponibilidad de iluminación hasta las 10 pm), donde se procuró asignar mínimo un responsable o integrante de cada equipo y de la misma manera se asignaron tres personas más encargadas de hacer revisiones periódicas de los elementos de seguridad que cada integrante utilizaba en las distintas actividades de construcción, la asistencia de los participantes por cada turno y el aseo dentro del área de construcción.

De esta manera cada integrante posee una responsabilidad y se aseguraba el buen funcionamiento del grupo PEI durante el periodo del concurso.

La planeación de las actividades se hizo adecuadamente en conjunto con algunos profesores y estudiantes de la facultad de arquitectura que decidieron brindar su ayuda para el cumplimiento del objetivo.

Durante la asignación de tiempos de construcción previa en la Universidad se detectaron diferentes incidentes que afectaron negativamente los resultados del objetivo.

1. La universidad cuenta con un proceso financiero que no permitió comprar y recibir los materiales en los tiempos determinados, por lo tanto, la construcción previa de la casa se retrasó aproximadamente dos semanas.
2. El espacio proveído por la universidad al equipo del PEI no contaba con las facilidades necesarias para la construcción previa. Dicho lote, ubicado en la esquina de la Cra 7 con Cl 45, contiene una viga en concreto difícil de demoler y ante todo costosa. De la misma manera, el espacio se encontraba a aproximadamente medio metro de altura por lo que la entrada de los camiones de los materiales era permitida

hasta cierto punto y la distribución de los materiales al lugar era complicada. Por esta razón se desplazó la construcción de la vivienda a la Escuela Taller de La Sabana ubicada en la Calle 13 # 18-90, donde, de la mano con uno de los profesores de la escuela, la construcción se pudo llevar a cabo con grandes facilidades y beneficios debido al espacio.

A pesar de los distintos retrasos e incidentes se logró determinar una adecuada gestión de actividades en la que todos los involucrados estuvieron de acuerdo.

### **Optimizar la asignación de los recursos necesarios para las actividades asociadas al proceso de ensamble de la vivienda sostenible para el Solar Decathlon.**

En la asignación de recursos se hizo uso del cronograma de actividades y la construcción previa al concurso con el fin de hacer un plan de trabajo basándose en turnos, cantidad de personas disponibles y cantidad de herramientas y materiales con el fin de optimizar los recursos y el tiempo, y maximizar la ganancia.

Durante la planeación se aplicaron distintos formatos donde el responsable de cada equipo registraba los materiales y actividades necesarias en su proceso.

El primer formato “Recolección de información de actividades” (Anexo G) tenía como fin recolectar la información del proceso de construcción que cada equipo debe realizar con el fin de estructurar adecuadamente el proceso, es decir, cada equipo registraba:

1. La actividad que debía llevar a cabo.
2. La(s) actividad(es) requerimiento: Son las actividades necesarias previas para que el equipo pueda llevar a cabo la de su propiedad (Ruta crítica).
3. La actividad predecesora a su actividad.

El segundo formato “Recolección de información de materiales” (Anexo H) tenía por objetivo consolidar las cantidades de materiales y proveedores necesarios para el proceso de ensamble, es decir, en el formato se registraba los materiales y la empresa proveedora de cada

material para cada una de las actividades que el equipo debía llevar a cabo en el proceso de construcción.

Por último, el tercer formato “Formato de tiempos” (Anexo I) tenía como fin definir las actividades realizadas por cada equipo y la protección utilizada para poder identificar las fallas del proceso. Este formato era aplicable en el momento de la construcción previa de la vivienda y cada equipo debía registrar: la actividad realizada en el proceso, las herramientas que requirió para llevar a cabo la actividad, el tiempo empleado, la protección utilizada y, en caso que aplicará, observaciones tales como contratiempos, imprevistos o recomendaciones para tener en cuenta.

En la asignación de recursos también se tuvieron en cuenta la maquinaria requerida por el grupo. El Solar Decathlon tenía disponible ciertas máquinas para la construcción (Anexo A) por lo que se hizo la planeación la la maquinaria que se ajustara mejor a los requerimientos del grupo.

Con el fin asignar los recursos adecuadamente para cada actividad del periodo de ensamble de la vivienda sostenible se realizó una tabla donde se puede observar la actividad llevada a cabo, la duración de la actividad, el recurso humano necesario y otro tipo de recursos necesarios por actividad.

A continuación se muestra la tabla mencionada anteriormente.

<b>Actividades</b>	<b>Duración</b>	<b>Recurso Humano</b>	<b>Otros recursos</b>
<b>Seguridad</b>	2 h	5 personas	Implementos de seguridad
<b>Almacén</b>	2h	5 personas	Contenedor
<b>Avisos</b>	2h	5 personas	Avisos
<b>Descargue estructura</b>	6h	4 personas, 1 operario	Montacargas
<b>Baño</b>		1 especialista	Herramientas
<b>Colocación de los ejes</b>	2h	4 personas	Flexómetro
<b>Ubicación de las zapatas</b>	2h	4 personas, 1 operario	Montacargas
<b>Instalación de tablero eléctrico</b>	6h	1 eléctrico, 1 persona	Herramientas

<b>Conexión a la red eléctrica principal de Villa Solar</b>	6h	1 eléctrico, 1 persona	Herramientas
<b>Instalación vigas inferiores de estructura</b>	12h	2 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Instalación de las columnas de acero</b>	12h	2 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Instalación vigas superiores de estructura</b>	12h	2 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Instalación vigas secundarias</b>	12h	2 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Colocación placas de soporte</b>	6h	2 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Instalación de carros de subestructura</b>	12h	4 personas, 1 especialista, 1 operario	Montacargas, pernos, herramientas
<b>Instalación cubierta casa</b>	12h	4 personas	3 taladros Brocas para utoperforantes Pegante madera 2 Destornilladores 1 Segueta Tijeras de jardinería Pala para la tierra Prensas
<b>Armado de fachadas</b>	12h	4 personas	Herramientas
<b>Instalación de fachadas</b>	10h	2 personas, 1 especialista	3 Taladros 3 Destornilladores eléctricos 1 Soldador Brocas para acero de 1 o 1 ½ Pegante madera
<b>Instalación sistema de iluminación</b>		2 personas	Herramientas
<b>Punto sanitario</b>		2 personas	Herramientas
<b>Punto hidráulico</b>	6h	2 personas	Herramientas
<b>Punto eléctrico</b>	6h	2 personas	Herramientas

<b>Instalación piso carros-subestructura</b>	10h	1 especialista, 1 persona	Herramientas, pernos
<b>Instalación de tanques de abastecimiento y tratamiento</b>	6h	3 personas	Herramientas
<b>Conexión de la red de agua</b>	3h	2 personas	Herramientas
<b>Conexión de la red eléctrica</b>	3h	2 personas	Herramientas
<b>Conexión a la red de alcantarillado</b>	3h	2 personas	Herramientas
<b>Instalaciones eléctricas e hidráulicas internas de la casa</b>	6h	2 personas	Herramientas
<b>Instalaciones hidráulicas internas de la casa</b>	6h	2 personas	Herramientas
<b>Conexión de los paneles solares al sistema eléctrico de la casa</b>	2h	1 especialista, 2 personas	Herramientas
<b>Instalación cubierta verde</b>	16h	6 personas	Herramientas
<b>Entrepiso</b>	6h	4 personas	Herramientas
<b>Piso</b>	6h	4 personas	Herramientas
<b>Armado de muebles</b>	12h	6 personas	3 Taladros 3 Destornilladores eléctricos Pegante de madera
<b>Instalación aparatos sanitarios</b>	3h	2 personas	Herramientas
<b>Instalación grifería de baño</b>	3h	2 personas	Herramientas
<b>Instalación Cocina</b>	8h	4 personas	2 taladros 1 Caladora 1 Lijadora Martillo
<b>Instalación grifería de cocina</b>	8h	2 personas	Herramientas
<b>Instalación equipos de la casa</b>	3h	6 personas	Herramientas
<b>Instalación muebles internos</b>	4h	3 personas	Herramientas
<b>Instalación estructura exterior</b>	12h	4 personas	3 Taladros 3 Destornilladores eléctricos Pegante
<b>Instalación mobiliario exterior</b>	4h	3 personas	Herramientas

<b>Señalética</b>	1h	1 persona	Señalización
<b>Pruebas de funcionamiento</b>	12h	2 personas	Herramientas
<b>Limpieza final de la casa</b>	6h	4 personas	Elementos de aseo

*Tabla 4.* Asignación de recursos por actividad. Elaboración propia.

Por medio de esta tabla se pudo definir la cantidad de personas esenciales en cada actividad con las herramientas a utilizar y la maquinaria. Lo que se buscó fue que cada actividad contará con un mínimo de personas para poder llevarla a cabo pero debido a que cada turno contenía entre 15 y 20 personas el número de personas por actividad podía aumentar y era mucho mejor.

La persona determinada “especialista” fue un ingeniero de la empresa Estahl quien tenía la experiencia total en el armado de la estructura de acero y quien brindó su ayuda al equipo con el fin de tener un armado sin errores.

El único tipo de maquinaria utilizado por el grupo PEI fue el montacargas debido a que en la construcción previa fue el vehículo que se tenía disponible por lo que se montó la estructura y se hizo el descargue de materiales con este y como se había utilizado este vehículo se recomendó utilizarlo en Villa Solar ya que se tenía experiencia previa con él. De la misma manera para hacer uso del montacargas se requirió de un operario especialista en el manejo del vehículo para evitar cualquier accidente que pudiera pasar por el mal manejo de la maquinaria.

### **Generar un manual de políticas logísticas de los materiales que serán transportados a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.**

Se generó un manual de políticas ABC basado en la lista de materiales (ANEXO N) propuesta para la construcción de la vivienda sostenible para el manejo de material con el fin de asegurar la calidad de los materiales a usar durante la construcción y prevenir cualquier incidente relacionado a los materiales y al manejo de estos por parte de los asistentes y de las personas encargadas del transporte.

La lista de materiales planteada incluye productos terminados tales como camas, muebles de cocina y mesas; y materiales de construcción desde tornillos hasta plásticos y barnices.

Con el fin de determinar el buen manejo de los materiales se utilizó la herramienta Pareto. Esta herramienta nos permitió definir qué materiales e insumos eran los más importantes y los que requieren mayor cuidado. Para definir la importancia de los materiales e insumos se definieron dos métodos de cálculo; el primero, Pareto por aporte anual (anexo J) y el segundo, Pareto por precio unitario (anexo K).

#### Pareto por aporte anual

Se hizo el cálculo por medio del aporte anual que brindaban los materiales a la empresa, es decir, se multiplicó el precio unitario por la cantidad de unidades requeridas anualmente (las cantidades requeridas anualmente fueron consideradas como la cantidad de unidades requeridas para la construcción de una vivienda) y el resultado, el aporte anual, se organiza de mayor a menor en la tabla y posterior se hizo el cálculo de los pesos ponderados y acumulados.

Como se dijo anteriormente, los datos consistían de materiales y productos utilizados para la vivienda por lo que en Excel se generó una tabla dinámica que nos permitió filtrar los elementos por tipo de elemento y posterior se hizo el análisis de Pareto.

A continuación se puede observar el Pareto por aporte anual de los materiales de construcción.

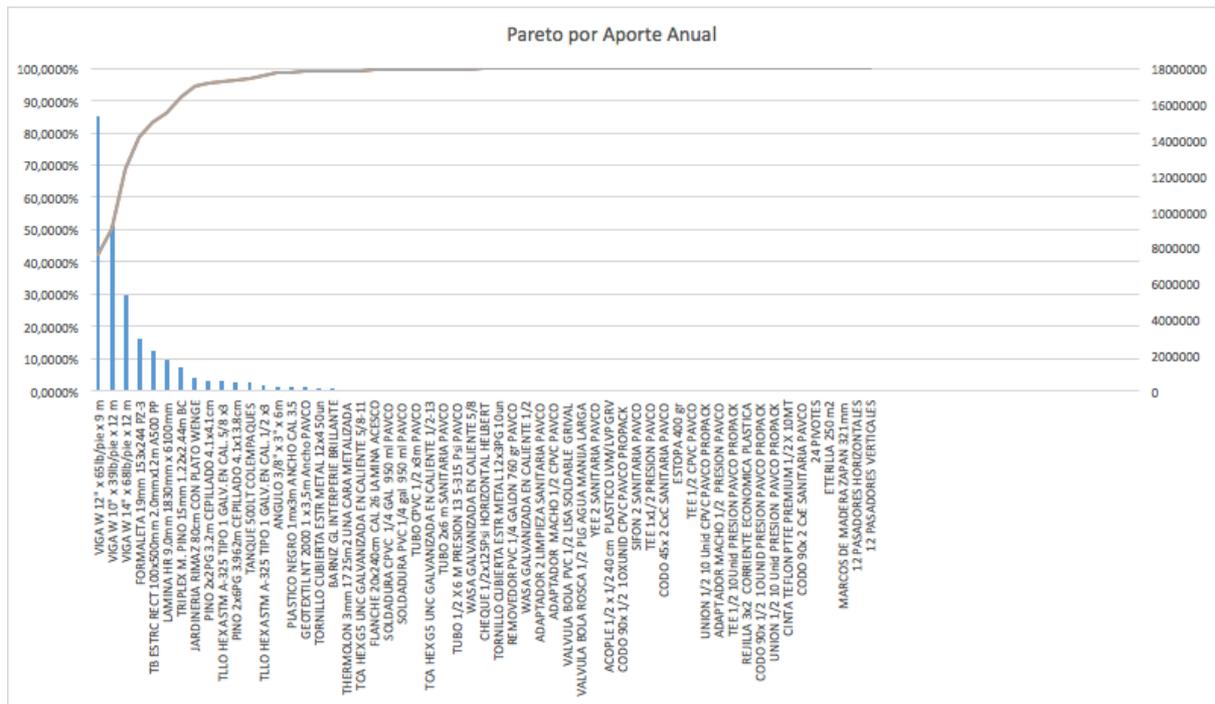


Ilustración 2. Pareto por aporte anual de los materiales de construcción. Elaboración propia

Los resultados arrojados fueron los esperados:

1. La estructura metálica hace parte del 80% de los materiales por aporte anual que requieren que requiere mayor cuidado debido a que es la parte mas importante de la vivienda sostenible.
2. La mayoría de los materiales de construcción hacen parte del 20% que no requieren tanto cuidado pero igualmente, a través de las políticas de manejo de materiales planteadas más adelante se les requerirá a todos los involucrados un cuidado adecuado para todos los materiales.

A continuación se puede observar el Parte por aporte anual de los productos que harán parte de la vivienda.

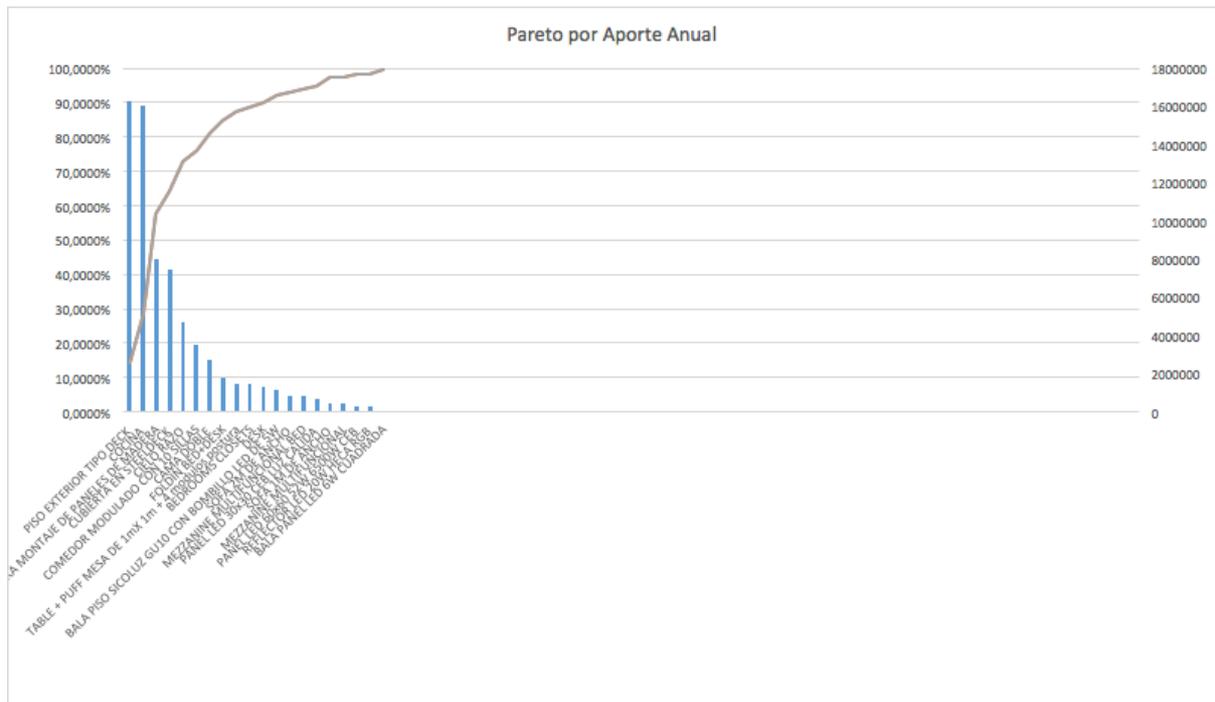


Ilustración 3. Pareto por aporte anual de los productos. Elaboración propia.

A partir de la ilustración previa se puede concluir que:

1. Los productos grandes tales como cocina, piso exterior, fachadas y comedor son los productos de mayor cuidado debido a su alto costo al momento de la compra.
2. Los paneles led y paneles solares deben ser considerados como productos dentro del 80% o categoría A debido a la importancia dentro del concurso. Estos elementos quedaron clasificados en el grupo C pero deben ser manejados como elementos del grupo A.

### Pareto por precio unitario

Para el Pareto por precio unitario se tomaron en cuenta sólo los datos del precio unitario de cada elemento y se calcularon los pesos ponderados y acumulados como se puede observar en el ANEXO K.

De la misma manera que al método anterior, se filtraron los elementos por tipo de elemento para generar dos gráficos: de materiales y de productos.

A continuación se muestra el Pareto por precio unitario de los materiales utilizados para la construcción de la vivienda.

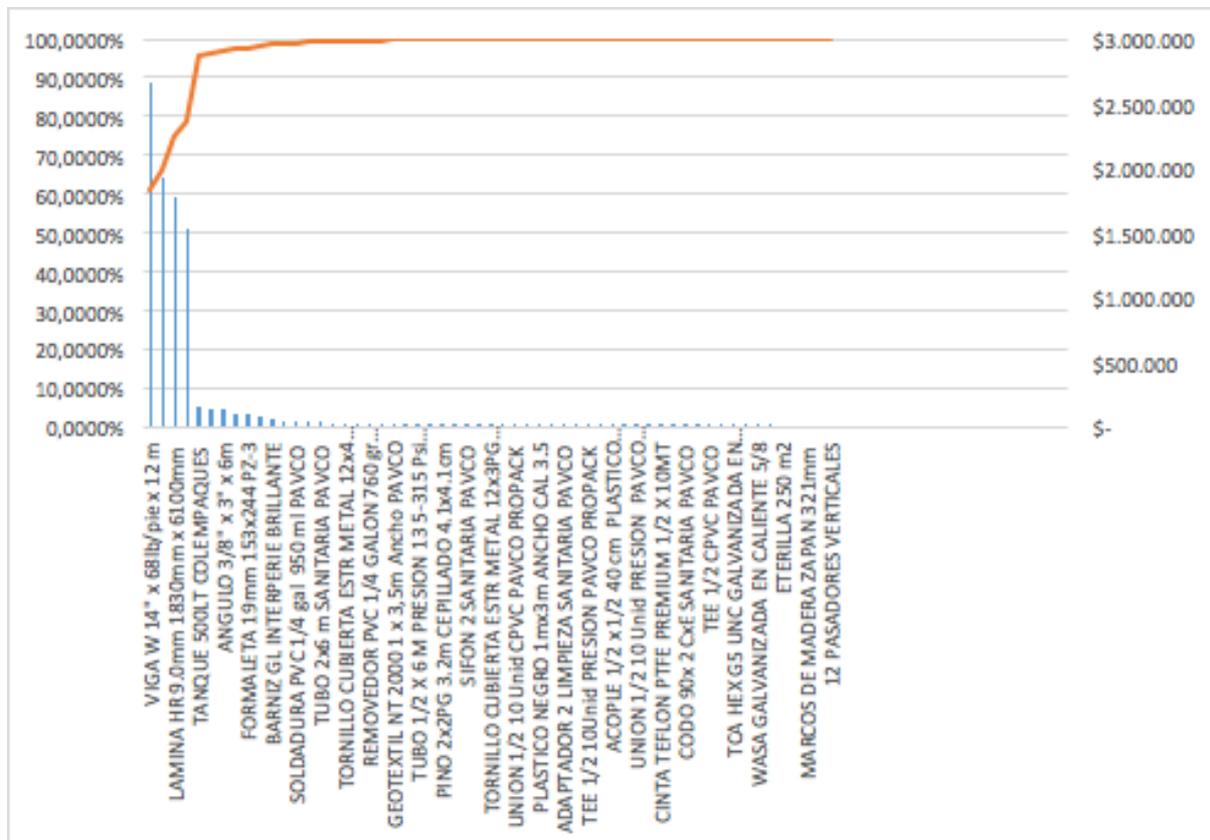


Ilustración 4. Pareto por precio unitario de los materiales. Elaboración propia.

Los resultados arrojados fueron:

1. Los elementos de la estructura metálica (vigas y lamina) son los únicos elementos que hacen parte del grupo más importantes de acuerdo a su precio unitario los cuales son únicos en la categoría A.
2. Debido a que las categorías están divididas por porcentajes; los elementos que conforman el 80% hacen parte de la categoría A; los elementos que hacen parte del 80% al 90% categoría B y el resto categoría C, se puede observar que ningún elemento conforma la categoría B por lo que las políticas ABC quedarían incompletas al utilizar este método de categorización de materiales.
3. Como se planteó anteriormente, la mayoría de los materiales de la lista hacen parte de la categoría C, por lo que existe un sesgo en la categorización de

materiales debido al precio unitario, y es posible, que si se hace uso de este método, el manejo planteado para los materiales no sea el adecuado.

A continuación se puede observar el Parte por aporte anual de los productos que harán parte de la vivienda.

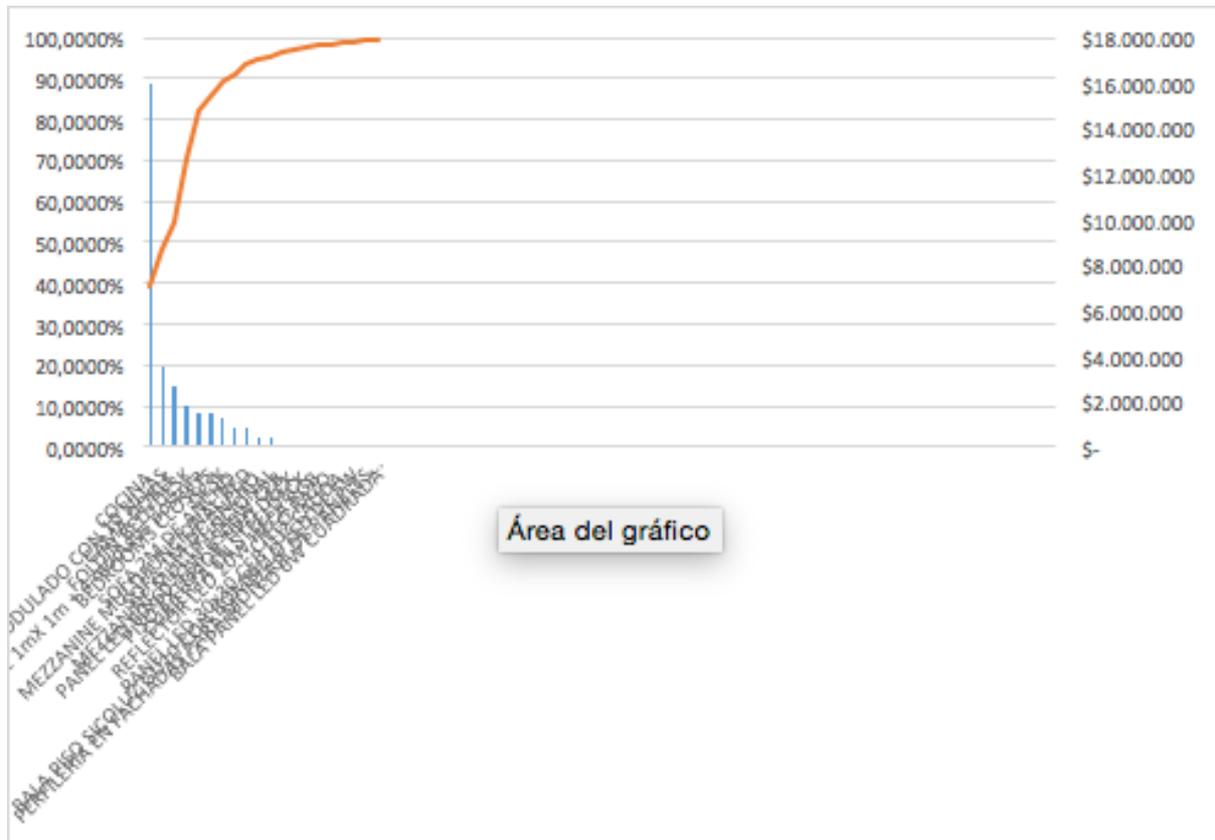


Ilustración 5. Pareto por precio unitario de los productos. Elaboración propia.

Los resultados arrojados fueron:

1. La cocina, debido a su precio por unidad, hace parte de los elementos mas importantes para la construcción de la vivienda junto con el comedor, y la cama doble.
2. Al igual que en el método anterior, los paneles led deben ser considerados en la categoría A debido a su importancia dentro del concurso.
3. En general los productos deben ser manejados con sumo cuidado debido a que son productos que no se pueden reemplazar durante el desarrollo del concurso.

Posterior al cálculo de los paretos se escogió el método que indicaba el mejor resultado. Esta escogencia se hizo por medio del conocimiento que se tenía respecto a los materiales más importantes para la construcción de la vivienda y cada uno de los resultados arrojados por cada método. Se tenía conocimiento de que la estructura metálica era uno de los materiales más importantes debido al costo elevado y a la importancia que tiene en el proceso de construcción por lo que el método escogido resulto siendo el primero; el Pareto por aporte anual.

Adicionalmente se hizo un análisis respecto a los resultados encontrados. Los materiales e insumos se dividieron en tres grupos: A, B y C.

- Grupo A: Los materiales que hacen parte del grupo A son los artículos que alcanzan el 80% de la Suma Acumulativa. Dentro de ese grupo se encuentran los artículos de mayor peso para la construcción de la vivienda y por lo tanto se debe tener especial cuidado con estos materiales. Ambos métodos arrojaron que los materiales e insumos mas importantes son los elementos que conforman la estructura metálica y los productos como camas y cocina.
- Grupo B: En este grupo se incluyen los artículos que se encuentran entre el 80% y el 95% de la Suma Acumulativa.
- Grupo C: El grupo C está conformado por el resto de los artículos, los que se encontraba entre el 95% y el 100% de la Suma Acumulativa.

Dentro de los resultados existía la posibilidad de encontrar excepciones. Las excepciones son algunos artículos que aparecen falseados en las estadísticas por diversas razones. Los paneles led hacen parte de estas excepciones debido a que su compra no requirió de tanto dinero pero su manejo debe ser de extremo cuidado debido a la importancia que tienen dentro de la vivienda y para el concurso. Los paneles led deben hacer parte del grupo A.

Para finalizar, al tener los resultados del Pareto y la división de los grupos se prosiguió al planteamiento de las Políticas ABC para el manejo de los productos utilizados en el proceso de construcción de la vivienda.

Para mayor información de las políticas ABC para el manejo de inventarios referirse al ANEXO O.

### **Maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos que transportarán los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.**

A través de la lista de materiales en el ANEXO N y las dimensiones y pesos de cada material (ANEXO P) se pudo maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos para transporta los materiales y productos a la ciudad Santiago de Cali.

Al momento de maximizar el porcentaje de ocupación de los vehículos, se tuvo en cuenta diferentes características del listado de materiales que se transportaran a Cali: peso, dimensión, tipo de material, secuencia de ensamble, empaque y embalaje.

Con base en esto, se realizó una división de los materiales como se identifica en la siguiente tabla:

<b>GRUPO</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	Acero	Estructuras de gran dimensión
<b>2</b>	Madera	Mobiliario, cubierta, fachadas, pisos, muebles, cocina, camas.
<b>3</b>	Electrodomésticos	Nevera, televisor, lavadora, teatro en casa, horno microondas, licuadora, estufa.
<b>4</b>	Paneles solares	Paneles LED 30x30 y 60x60
<b>5</b>	Otros	Acoples, adaptadores, codos, rejillas, soldaduras, tees, tubos, uniones, válvulas, yees, tornillos, tuercas.

*Tabla 5. Clasificación de materiales. Elaboración propia.*

#### *Tipo de empaque y embalaje*

Proexport (p.49, año), menciona diferentes tipos de embalaje. Entre ellos, están las cajas de cartón, los embalajes de madera, los sacos, las garrafas, los tambores o bidones, los cuñetes y los toneles. Cada uno de ellos presentan unas características y usos específicos.

Con el fin de complementar y garantizar un transporte más seguro, se identifica la necesidad de utilizar materiales de amortiguamiento para el empaque y embalaje. Estos “aislan al producto de choques y vibraciones. Estos materiales absorben la energía cinética, que de llegar al producto ocasionaría algún tipo de daños o desperfectos” (Proexport, p. 50,).

Algunos tipos de material aislante son:

- Paja, papel y viruta
- Pulpa moldeada
- Poliestireno expandido moldeado
- Espuma de polietileno expandido
- Cartón corrugado
- Espuma de poliuretano expandido
- Burbuja de polietileno
- Bolsas inflables

MATERIALES DE AMORTIGUAMIENTO				
TIPO	CLASIFICACIÓN	USOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MATERIALES DE AMORTIGUAMIENTO	Paja, papel y viruta	Se utilizan como material de relleno dentro de los embalajes.	- Son económicos y livianos.	- Son sensibles a la humedad. - Están sujetos a restricciones fitosanitarias.
	Pulpa moldeada	Como material de amortiguamiento sirve para inmovilizar los productos. Empaques para huevos y frutas.	- Es un material ligero e inelástico. - Puede ser moldeado en formas complejas. - Fácilmente reciclable.	- Limitada capacidad de absorción de impacto. - Muy sensible a la humedad.
	Poliestireno expandido moldeado	- Cantoneras, esquineros y planchas. - Relleno de espacios vacíos de formas irregulares.	- Protección eficaz contra los impactos. - Absorbe poca humedad. - Tiene peso ligero y buena capacidad de carga.	- Rigidez y fragilidad. - Presenta poca resistencia a los disolventes. - Es inflamable.
	Espuma de polietileno expandido	- Se utiliza en forma de ángulos para protección de equipos electrónicos y Electrodomésticos.	- Es flexible, químicamente inerte, impermeable, inmune a la aparición de moho. - Buena capacidad de recuperación tras el impacto. - Es termosellable.	- Es costoso.
	Espuma de poliuretano expandido	- Protección de esculturas y estatuas.	- Fácilmente mecanizable - Más económico que la espuma de polietileno expandido.	- De menor calidad que el polietileno expandido.
	Cartón corrugado	- Material de envoltura (simple cara) o troquelado. - Separadores dentro de las cajas.	- Bajo costo.	- Es higroscópico. - Limitada capacidad de absorción de impactos, inelástico.
	Burbuja de polietileno	- Se utiliza como material de amortiguamiento para electrodomésticos, productos artesanales, muebles.	- Excelente aislante contra golpes y vibraciones, por su contenido de aire.	- En forma de cubierta transmite marcas en la superficie de los productos.
	Colchones inflables	- Relleno para espacios vacíos de las cargas	- Empleo de tecnología avanzada para su desarrollo.	- Costosos. - Disponibilidad limitada.

Ilustración 6. Materiales de amortiguamiento. Fuente: Proexport (2003)

Para efectos de cada grupo de carga a transportar, identificado en el cuadro “Clasificación materiales”, se presenta las siguientes opciones de embalaje, con el fin de minimizar el riesgo de daños a los diferentes materiales.

**Grupo 1 (Acero):** Teniendo en cuenta que los materiales contenidos en este grupo son resistentes y son los de mayor dimensión y peso, no requieren de un embalaje como tal. Se propone sean asegurados con zunchos (elementos que se usan para reforzar y asegurar las cargas).



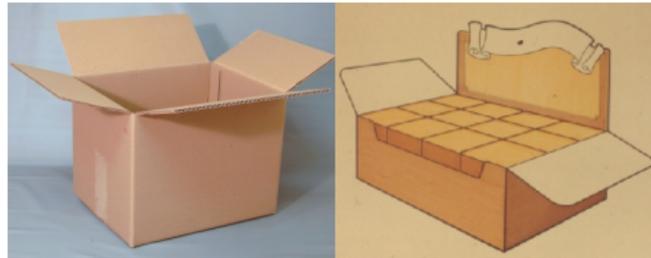
Zunchos de polipropileno.

*Ilustración 7. Zunchos de polipropileno. Fuente: Proexport (2003)*

**Grupo 2 (Madera):** Teniendo en cuenta que la madera es un material muy resistente y debido al manejo que se le dio previamente e impermeabilización y demás, este grupo no requiere de un empaque un tratamiento especial. Los elementos de manera pueden ser transportados en el vehículo apilados unos encima de otros sin problema alguno. Se debe evitar poner elementos de mayor peso sobre ellos.

**Grupo 3 y 4 (Electrodomésticos y Paneles solares):** Al tratarse de objetos tan delicados, se presenta la opción de embalar en cajas de cartón. Según Proexport (2003), este material de embalaje es idóneo para agrupar productos que tienen formas estables como los electrométricos, la maquinaria industrial y los productos a granel. Se utilizará cartón corrugado, aprovechando su resistencia y tratando de dar una homogenización y de esta forma facilitar la distribución de la carga dentro del contenedor.

Generalmente los electrodomésticos ya vienen con su embalaje propio directamente de las tiendas distribuidoras. Este se valorará si es totalmente seguro y se conservará este empaque para su transporte. En caso negativo, se reforzará.



Cajas de cartón corrugado.

Ilustración 8. Cajas de cartón corrugado. Fuente: Proexport (2003)

**Grupo 5 (Otros):** Este grupo está conformado por piezas de tamaño pequeño, que requieren de ser agrupadas para su óptimo transporte. Por esta razón se propone embalar los materiales en cajas de cartón corrugado debidamente selladas y marcadas.

Por consenso con todos los participantes del PEI se decidió transportar los materiales en dos vehículos: un vehículo de transporte de carga denominado *cama baja* y un vehículo con contenedor con capacidad de carga de 20 toneladas. En la cama baja se decidió transportar la estructura metálica debido al peso y al manejo que se le debía dar. Dentro del contenedor se iban a transportar el resto de los materiales teniendo en cuenta sus dimensiones y su momento de uso.

El método de cargue del contenedor a utilizar fue el método LIFO (Last In- First Out) o también conocido como Primeros en Entrar – Últimos en Salir con el fin de optimizar los tiempos de descargue del contenedor durante los días de construcción.

#### *Optimización del porcentaje de ocupación*

Al tratarse de materiales tan heterogéneos, de distintos tamaños y formas, no es conveniente la utilización de un software. Este, no consolida características como orientación del producto, priorización, formas, etc. Por esta razón, se propone la siguiente política con el fin de optimizar lo más posible los recursos para el transporte:

- Sistema de inventarios Last In First Out (LIFO)

Con este sistema de inventarios se busca que los materiales estén ubicados de tal manera que faciliten su salida en el momento adecuado. Es decir, que conforme se planeó el ensamble según el cronograma del objetivo 1 y 2, se puedan ir retirando los materiales del contenedor. Esto ahorraría tiempo y esfuerzo. Consiste en cargar primero los materiales que no se necesitan sino hasta el final del proceso y cargar de ultimas los materiales que primero se necesiten en el lugar de ensamble.

- Priorización según coeficiente estático

*El principio general de fricción se basa, en que cuando un cuerpo es colocado sobre una superficie plana, éste puede ser desplazado únicamente si la fuerza de fricción es vencida. La fuerza requerida para iniciar el desplazamiento es denominada fuerza de fricción estática. Después de iniciado el movimiento, la fuerza de fricción generalmente decrece y el movimiento puede ser mantenido por una fuerza, denominada Fuerza dinámica de Fricción. (Ospina, p. 75, 2001)*

Con base en lo anterior, esta política de priorización busca que los materiales con menor coeficiente de rozamiento estén ubicados en la parte superior y los más resistentes en la parte inferior. Esto con el fin de prevenir daños.

- Priorización por características físicas de los materiales

Esta política busca que las características físicas de los diferentes materiales a transportar, sean compatibles. Ubicando a los materiales de tal manera que no se generan daños físicos como la corrosión, fricción, oxidación, inflamación, etc.

*Tipo y tamaño de flota*

CLASE DE VEHÍCULO		CAPACIDAD DE CARGA (Ton)	VOLUMEN (M <sup>3</sup> )
	CAMIONETA LUV	1	5
	MINITURBO	2	12
	TURBO	4.5	18
	SENCILLO	8	32
	DOBLETROQUE	17	36
	MINIMULA	15	65
	TRACTOMULA (Trailer de 12.50 mts.)	30	65
	TRACTOMULA PESADA	35	65

*Ilustración 9.* Clase de vehículos. Fuente: Ríos, R (2015)

Existen muchas clases de vehículos de transporte de carga pesada en Colombia (como lo podemos observar en la imagen anterior), pero para optimizar la ocupación y recursos en este proyecto, según las características, dimensiones y peso de la carga a transportar a Santiago de Cali, se tiene las siguientes opciones que se adaptan al requerimiento:

**Primera opción:** Transportar la estructura (Grupo 1) en una tractomula de cama baja y la parte del mobiliario (Grupo 2, 3, 4 y 5) en un contenedor de 20’.

**Segunda opción:** Transportar la estructura (Grupo 1) en un contenedor de 20’ y el mobiliario (Grupo 2, 3, 4 y 5) en otro contenedor de 20’.

**Tercera opción:** Transportar la carga total en un contenedor de 40’ (todos los grupos de materiales).

**Identificar el presupuesto empleado en cada uno de los posibles escenarios para el transporte de los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.**

Con base en la división de los materiales por grupos, habiendo asignado sus tipos de embalaje, conociendo los tipos de flota disponibles en el mercado, los pesos y dimensiones, se decide por consenso con todos los participantes del PEI usar **la opción 3:** transportar los

materiales en un contenedor de 40', el cual se quedará en Cali por el tiempo que dure el ensamble y desensamble de la casa.

El método de cargue del contenedor a utilizar es el método LIFO (Last In- First Out) o también conocido como Primeros en Entrar – Últimos en Salir, con el ánimo de optimizar los tiempos de descargue del contenedor durante los días de construcción.

Con el fin de analizar varios escenarios y de contar con la asesoría de expertos en el tema, se contactaron tres proveedores de transporte de carga pesada y se solicitaron las debidas cotizaciones. Estos proveedores fueron:

- Rodarcarga
- Suoperador SAS
- Equipos y Soluciones Logísticas SAS

Cada uno realizó propuestas de diferentes flotas y servicios según los requerimientos. La empresa Equipos y Soluciones Logísticas SAS y Suoperador ofrecieron su servicio de alquiler y transporte de contenedor de 40', con cargue y descargue; Rodarcarga, por su parte, propuso transportar los materiales en dos tractocamiones de 24' (incluido el peso del contenedor) pero no contaban con el contenedor. Es por esto, que la opción de Rodarcarga fue descartada, pues por facilidades administrativas y logísticas, consideramos más viable contratar todos los servicios con una misma empresa.

A continuación, se observan las propuestas económicas de cada empresa:

### *Opción Suoperador*

<i>Servicio</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>\$/viaje</i>	<i>Total</i>	
Transporte	Viaje en tractomula o contenedor de 40 pies desde Bogotá a Cali	1	\$ 3.400.000	\$ 3.400.000	No tiene IVA
Transporte	Viaje urbano en tractomula en Bogotá	1	\$ 780.000	\$ 780.000	No tiene IVA
Transporte	Viaje urbano en camión sencillo de 8 toneladas de medidas 6 m x 2.4 m x 2.4 m (35 m3) en Bogotá	1	\$ 520.000	\$ 520.000	No tiene IVA
Transporte	Viaje en tractomula o contenedor de 40 pies desde Cali a Bogotá	1	\$ 3.400.000	\$ 3.400.000	No tiene IVA
<i>Servicio</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>\$/persona</i>	<i>Total</i>	<i>Total más IVA</i>
Personal	Cargue o Descargue de tractomula o contenedor de 40 pies	4	\$ 50.000	\$ 200.000	\$ 232.000
Personal	Cargue o Descargue de camión sencillo	2	\$ 50.000	\$ 100.000	\$ 116.000
<i>Servicio</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>\$/mes</i>	<i>Total</i>	<i>Total más IVA</i>
Alquiler Equipos	Alquiler contenedor de 40 pies puesto en Villa de Solar Decathlon	1	\$ 750.000	\$ 750.000	\$ 870.000
Alquiler Espacio	Alquiler espacio para almacenamiento de contenedor de 40 pies	1	\$ 288.000	\$ 288.000	\$ 334.080

*Ilustración 10:* Cotización SUOPERADOR. Fuente: Suoperador (2015)

### *Opción Equipos y Soluciones Logísticas SAS*

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT EQUIPOS</b>	<b>CANT DIA</b>	<b>VALOR DÍA</b>	<b>TOTAL</b>
1	Contenedor 40 Pies, tipo bodega	1	30	\$ 18.000	\$ 540.000
<b>SUBTOTAL</b>					\$ 540.000
<b>IVA 16%</b>					\$ 86.400
<b>TOTAL DIARIO</b>					\$ 626.400

*Ilustración 11:* Cotización ESL. Fuente: ESL (2015)

TRANSPORTE ALQUILER BDG 40ft

ITEM	DESCRIPCIÓN	DESTINO	CANT	VALOR UNIDAD	TOTAL
1	Cargue/Descargue Planta		2	\$ 80.000	\$ 160.000
2	Transporte Planta - Destino capacidad 1 contenedor 40 ft	Bogotá	1	\$ 3.250.000	\$ 3.250.000
3	Transporte Destino - Planta capacidad 1 contenedor 40 ft	Cali	1	\$ 3.250.000	\$ 3.250.000
<b>SUBTOTAL</b>					\$ 6.660.000
<b>IVA</b>					\$ 1.065.600
<b>TOTAL</b>					\$ 7.725.600

\* El descargue de los contenedores en el destino corre a cargo del cliente, debe contar en el momento de la entrega con los recursos propios o con los servicios de un tercero para el descargue de los contenedores en el destino y el cargue en el destino para devolución si es en alquiler.

\*\*La Logística en <Camión Autodescargable> Requiere espacio mínimo de maniobra en Destino de 20 metros de frente y 4 metros a los costados del vehículo que realizará el descargue o cargue en sitio.

*Ilustración 12. Cotización ESL. Fuente: ESL (2015)*

**Comparación propuestas económicas y decisión final:**

SERVICIO	SUOPERADOR	EQUIPOS Y SOLUCIONES LOGÍSTICAS SAS
Alquiler de contenedor de 40' (30 días)	\$ 870.000	\$ 626.400
Transporte Bogotá-Cali contenedor de 40'	\$ 3.400.000	\$ 3.770.000
Transporte Cali-Bogotá contenedor de 40'	\$ 3.400.000	\$ 3.770.000
Cargue y descargue	\$ 232.000	\$ 185.600
<b>Total</b>	<b>\$ 7.902.000</b>	<b>\$ 8.352.000</b>

*Tabla 6. Comparación propuestas económicas. Fuente: Elaboración propia (2015)*

Según el cuadro anterior, se puede observar que es más económica la propuesta de SUOPERADOR. El alquiler del contenedor y el cargue son un poco más costosos, pero el servicio de transporte es evidentemente más asequible. Además de esto, SUOPERADOR es la empresa oficial del concurso. Es decir, presta sus servicios a varios grupos del concurso, por ende conoce la logística y las reglas del mismo. Esto, es una ventaja pues asegura el buen manejo logístico de la carga y el cumplimiento de horarios.

### ***Otros beneficios:***

**Seguro:** dentro del precio total sin cargo adicional, viene incluido un seguro sobre los materiales hasta por \$100.000.000 por viaje. Esta póliza es emitida por Royal Sun Alliance.

**Forma de pago:** permite una forma de pago 50-50. La mitad del costo se cancela antes del servicio y el otro 50% al finalizar el servicio de entrega.

**Cumplimiento de requisitos y legalidad:** parten del cumplimiento de los requisitos de ley para esta actividad económica, normas y reglamentos corporativos y de los clientes

**Desarrollo sostenible:** “contribuimos con un desarrollo ambiental, social y económico que satisfaga las necesidades del presente, protegiendo el bienestar de las generaciones futuras” (Suoperador SAS, p.2, 2015) es la política de sostenibilidad de la empresa, la cual se alinea con los principios y pensamientos del concurso, el cual busca un desarrollo holístico sostenible y nuevas opciones de energía.

### ***Impacto en el presupuesto***

El concurso Solar Decatlón dio un presupuesto a cada grupo, para distribuirlo en los diferentes gastos que el proceso genera. A la Universidad Javeriana le dio UD\$60.000, los cuales al 13 de noviembre de 2015 (según tasa de cambio) equivalen a \$184.393.800.

El proceso de transporte total (incluyendo alquiler y transporte del contenedor; y cargue y descargue) costará \$7.902.000 según lo acordado con la empresa SUOPERADOR, es decir que el costo de transportar los materiales a la ciudad de Santiago de Cali, afecta al presupuesto general en un 4.3%. Esto equivale a un 6.6% menos del tope máximo establecido.

<b>Presupuesto total SD (Tasa de cambio del dólar a 13 de Noviembre de 2015 \$3.073,23)</b>	<b>\$ 184.393.800</b>
<b>Costo máximo de transporte, alquiler de contenedor y cargue y descargue establecido</b>	<b>\$ 20.000.000</b>

<b>Costo real de transporte, alquiler de contenedor y cargue y descargue</b>	\$ 7.902.000
<b>Costo máximo de transporte / Presupuesto total</b>	10,8%
<b>Costo real de transporte / Presupuesto total</b>	<b>4,3%</b>
<b>Diferencia porcentual entre el costo máximo y el real</b>	6,6%

Tabla 7. Impacto del costo de transporte en el presupuesto. Fuente: elaboración propia (2015)

**Entregar al grupo PEI indicadores de gestión basados en el Balance Scorecard para medir la rentabilidad del proyecto de construcción de viviendas sostenibles para el concurso Solar Decathlon 2015.**

Los indicadores de gestión son una herramienta crucial para evaluar el éxito de un proyecto. Deben reflejar una realidad para la toma de decisiones. Por esto, es tan importante seleccionarlos cuidadosamente con base en qué se quiere medir.

Según Silva (SF, p. 2), el procedimiento para administrar los indicadores tiene 3 fases:

1. Definir las variables claves del proceso
2. Establecer metas a cumplir
3. Medir el cumplimiento de los mismos

Para efectos del presente trabajo, se eligieron los indicadores con el ánimo de medir el cumplimiento de tiempos, criterios, actividades, uso de los recursos físicos y monetarios según presupuesto, ausentismo de trabajadores, entre otros.

Cada indicador debe tener un objetivo claro, debe mostrar el método de medición junto con su expresión matemática, la frecuencia con que este se va a medir, los niveles deseables (que vendrían siendo las metas u objetivos), la fuente de donde se va a extraer la información y quien va a ser el responsable.

Para su medición, se diseñó un formato en Excel donde con el código de cada indicador, se pueda visualizar todos los datos anteriormente mencionados y se pueda

introducir los datos requeridos. Este, automáticamente arrojará el resultado expresado en porcentaje, para así poder verificar si se encuentra entre los rangos deseables.

Para mayor información de los indicadores de gestión planteados referirse al anexo L.

Los indicadores de gestión arrojaron los siguientes resultados:

1. Para la fecha 13 de noviembre del 2015 la cantidad de actividades cumplidas en el cronograma propuesto fueron 67 de un total de 91 actividades. El resultado fue de 74%, el cual se encuentra fuera de los niveles requeridos donde debería estar. La evaluación se hizo con respecto a las actividades cumplidas durante la construcción previa, y en el resultado se ve reflejado el impacto del retraso en la adquisición y compra de insumos requerido para cada actividad.

INDICADORES DE GESTIÓN	
<b>CÓDIGO</b>	<b>001</b>
<b>NOMBRE</b>	<b>Cumplimiento de tiempos del cronograma</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Mide el cumplimiento de tiempos con base en el cronograma	
<b>OBJETIVO</b>	
Medir el porcentaje de actividades realizadas en el tiempo previsto según cronograma	
<b>FORMULA</b>	<b>MÉTODO</b>
<i>(Actividades realizadas en el tiempo planeado/Total actividades planeadas)*100</i>	Se toma el número de actividades que se cumplieron antes o en la fecha establecida por el cronograma, y se divide en el número total de actividades planteadas.
<b>Actividades realizadas en el tiempo planeado</b>	67
<b>Total actividades planeadas</b>	91
	<b>74%</b>
<b>FUENTE</b>	Cronograma
<b>FRECUENCIA</b>	Semanal
<b>NIVELES</b>	Min: 85% Max: 100%
<b>RESPONSABLE</b>	Comité de Administración y Logística

*Ilustración 13.* Indicador Cumplimiento de tiempos del cronograma. Elaboración propia.

2. El indicador 002, Cumplimiento de actividades del cronograma, se utilizará para evaluar las actividades completadas al final de la construcción en Cali por lo que se encuentra planteado más no evaluado. Los niveles de evaluación del indicador son entre 95% y 100% debido a que en el concurso se requiere que el 100% de las actividades sean cumplidas.

<b>INDICADORES DE GESTIÓN</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>002</b>
<b>NOMBRE</b>	<b>Cumplimiento de actividades del cronograma</b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
Mide el cumplimiento de las actividades sin importar el tiempo en que se realicen	
<b>OBJETIVO</b>	
Controlar la ejecución de actividades del cronograma según lo planeado	
<b>FORMULA</b>	<b>MÉTODO</b>
<i>(Actividades realizadas/Total de actividades planeadas)*100</i>	Se toma el número de actividades que se ejecutaron, y se divide en el número total de actividades planteadas en el cronograma.
<b>Actividades realizadas</b>	
<b>Total actividades planeadas</b>	
<b>FUENTE</b>	Cronograma
<b>FRECUENCIA</b>	Semanal
<b>NIVELES</b>	Min: 95% Max: 100%
<b>RESPONSABLE</b>	Comité de Administración y Logística

*Ilustración 14.* Indicador Cumplimiento de actividades del cronograma. Elaboración propia.

Los indicadores restantes serán utilizados para evaluar el rendimiento del equipo en Cali durante el concurso por lo que no se muestran en el documento. Para ver el funcionamiento de los indicadores referirse al anexo R.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

1. Los retrasos en la adquisición de materiales y productos generaron retrasos en los tiempos de construcción aproximadamente en 100 puntos porcentuales. Se recomienda hacer un análisis previo de las compras requeridas y contar con un plan de soporte para prevenir más retrasos al momento de adquirir materiales y productos.

2. El proceso de construcción planteado y llevado a cabo en la Escuela Taller permite la optimización de tiempos y la adecuada asignación de recursos para cada actividad. De esta manera se reducen los tiempos de construcción y se cumple con el tiempo establecido por el Solar Decathlon (10 días) como se muestra en la simulación propuesta en ArchiCad. Se recomienda hacer uso de los recursos asignados para cada actividad y seguir el proceso de construcción.

3. El retraso en la compra de insumos se vió reflejado en la evaluación del indicador con código 001. Su resultado fue de 74% y el nivel mínimo es de 85%. Se recomienda hacer un análisis de las actividades que requieren de mayor tiempo con el fin de llevarlas a cabo de la manera más rápida durante la construcción en Cali y de esta manera tener un cumplimiento del 100% de las actividades.

4. El ausentismo de trabajadores fue constante durante el proceso de construcción previa por lo que se debe evitar a toda costa durante la construcción en Cali. En total, participando en la construcción de la vivienda habían un total de 44 integrantes: 29 estudiantes de arquitectura, un estudiante de diseño industrial, cinco estudiantes de ingeniería civil, dos estudiantes de ingeniería electrónica, dos estudiantes de ingeniería industrial, cinco profesores de la Universidad Javeriana y un profesor de la escuela Taller. Para el día 12 de noviembre de 2015 la asistencia total de personas fue de 25 personas, es decir, un total de 43% de los participantes estuvieron

ausentes. Se recomienda crear planes de trabajo donde no se ausentes los participantes con el fin de cumplir con el cronograma planteado.

5. La mejor opción de transporte fue transportar los elementos en contenedor de 40' debido a los costos asociados al transporte. Suoperador resulto ser la empresa con mejores propuestas y mejor precio. Se recomienda hacer uso de este servicio debido a que asegura el buen manejo logístico de la carga y el cumplimiento de horarios.

### **Bibliografía**

Ministerio de Transporte. (2013). *Caracterización del Transporte Terrestre Automotor de Carga en Colombia*. Bogotá.

Ministerio de Transporte. (2004). *Aspectos de la situación actual del aseguramiento en el sector del servicio público de transporte terrestre automotor*.

Bocarejo H., P. (2007). *Estudio para la Regulación Económica del Servicio Público de Transporte Fluvial de Carga y de Pasajeros*.

CAP S.A. (2000). *InfoAcero*. Recuperado el 10 de 2015, de Cap S.A.:

[http://www.infoacero.cl/acero/que\\_es.htm](http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm)

Tames, E. S. (2012). *Reeditor*. Obtenido de Red de publicación y opinión personal:

<http://www.reeditor.com/columna/4158/18/ingenieria/que/son/paneles/solares/y/que/sirven>

Rodriguez Murcia, H. (2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*.

Solar Decathlon 2015. (2015). *U.S Department of Energy*. Obtenido de

<http://www.solardecathlon.gov/about.html>

Mora Garcia, L. A. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística*.

Silva, D. (SF). *Teoría de indicadores de gestión y su aplicación práctica [en línea]*.

Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en:

[http://www.umng.edu.co/documents/10162/745281/V3N2\\_29.pdf](http://www.umng.edu.co/documents/10162/745281/V3N2_29.pdf) Recuperado el: 20 de octubre de 2015

Proexport, (2003). *Cartilla empaques y embalajes para exportación [en línea]*. Disponible en:

<http://antiguo.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo2930DocumentNo8292.PDF> Recuperado el: 08 de noviembre de 2015

Ospina, J. (2001). *Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos [en línea]*. Recuperado de:

[https://books.google.com.co/books?id=2DWmqb6xP3wC&pg=PA75&dq=coeficientes+de+friccion+estatica+y+dinamica+de+los+materiales&hl=es&sa=X&ved=0CE8Q6AEwCWoVChMI\\_d6syrCHyQIVyNkmCh2HVwyJ#v=onepage&q=coeficientes%20de%20friccion%20estatica%20y%20dinamica%20de%20los%20materiales&f=false](https://books.google.com.co/books?id=2DWmqb6xP3wC&pg=PA75&dq=coeficientes+de+friccion+estatica+y+dinamica+de+los+materiales&hl=es&sa=X&ved=0CE8Q6AEwCWoVChMI_d6syrCHyQIVyNkmCh2HVwyJ#v=onepage&q=coeficientes%20de%20friccion%20estatica%20y%20dinamica%20de%20los%20materiales&f=false) Recuperado el 10 de

noviembre de 2015

Rios, R. (2015). *Transporte Terrestre, estructura tarifaria Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

## **Anexos**

### **Anexo A. Tipo de maquinaria disponible en Villa Solar durante los días del concurso Solar Decathlon LAC 2015.**

El tipo de maquinaria disponible para la construcción de la casa en Villa Solar es la siguiente:

1. Grúas
  - a. Grúa Telescópica de 80 Ton
  - b. Grúa Telescópica de 60 Ton
  - c. Grúa Telescópica de 45 Ton
  - d. Grúa Telescópica de 40 Ton
  - e. Grúa Telescópica de 20 Ton
2. Montacargas
  - a. Montacargas de 2.5 Ton
  - b. Montacargas de 8 Ton
  - c. Montacargas de 15 Ton
3. Otros vehículos
  - a. Manlift
  - b. Tijeras
4. Transporte
  - a. Transporte Manlift
  - b. Transporte Tijera

### **Anexo B. Cronograma interno del grupo PEI en Hoja de Calculo de Excel.**

## Anexo C. Acta de Comité de Obra



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá  
Facultad de Arquitectura y Diseño



Acta Comité de Obra # FECHA  
Bogotá D.C.

**ORDEN DEL DÍA:**

**Desarrollo de la Reunión:**

## Anexo D. Acta de Comité de Obra # 1, Agosto 24 de 2015.



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá  
Facultad de Arquitectura y Diseño



Acta Comité de Obra # 1 2015-08-24  
Bogotá D.C.

### ORDEN DEL DÍA:

1. Aspectos Administrativo
2. Entregas Concurso (22/06 – 10/09)
3. Avances Técnicos
4. Cotizaciones
5. Lugar y Fecha de inicio de obra.

### Desarrollo de la Reunión:

1. La firma del contrato ya se realizó, se está esperando dar el PIN para poder recibir el dinero del concurso. Para esto se necesitan todas las cotizaciones y diseños del proyecto.
  - Se habló sobre el curso en alturas y es necesario que cada persona traiga una copia física de su cedula y su carnet de su EPS.
  - El 2 de Septiembre se realizará la clase de primeros auxilios
2. Para el 2 de Septiembre deben estar listos todos los planos constructivos y la entrega del Solar Decathlon ya previamente establecido el trabajo de cada equipo. El formato de entrega ya fue entregado a las cabezas de los respectivos grupos. Es necesario que la información se vaya subiendo para que se pueda organizar en el programa BIM para la entrega que es el 10 de Septiembre 2015.
3. - **G1 (Comunicación):** Ya se cotizaron las camisetas  
Tareas:
  - Se debe subir la cotización de las camisetas al Drive
  - Se debe corroborar que dicen las reglas sobre los logos que deben estar en las camisetas y demás elementos de publicidad.
  - Realizar un comunicado de prensa al Solar para pedir apoyo con la difusión de publicidad. Encargada Melissa Pachón.
  - Empezar a utilizar los medios de la Universidad para difundir la información.
  - Realizar 2 cuartillas con toda la información de proyecto para poderla entregar a los medios fuera de la universidad. Encargada Lorena Peña.
  - Diseño de la página web.

- **G2 (Exteriores/Arquitectónico):** Ya hay un adelanto de los planos generales y del diseño del exterior.

**Tareas:**

- Hacer la combinación de todos los planos para poder realizar el corte y planta general del proyecto.
- Se deben tener las cantidades de obra y cotizaciones para el diseño del exterior del proyecto.

- **G3 (Fachada):** Ya está el diseño de las fachas y ya están los planos técnicos.

**Tareas:**

- Tener cotizaciones, y subirlas al Drive.
- Sacar las cantidades de obra.

- **G4 (Mobiliario):** Se está trabajando con un grupo de diseñadores en cuanto a revisar y finalizar los diseños de los muebles. Ya están los planos técnicos.

**Tareas:**

- Tener listas las cantidades de obra
- Cotizar el embalaje y el armado de los diseños. Subir esta cotización al Drive

- **G5 (Pisos/Estructura):** El diseño y planos técnicos ya están listos.

**Tareas:**

- La cotización de la estructura. Subirla al Drive.
- Comprobar los niveles de los pisos.

- **G6 (Eléctrico):** Ya se tiene un diagrama de la iluminación y una propuesta de que las instalaciones eléctricas viajen por arriba en lugar de por debajo de la casa.

**Tareas:**

- Comprobar el cubrimiento de la luz (mirar si es necesario tener tres bombillos en lugar de dos). Y Revisar los diagramas realizados que estén acorde a lo que se va a hacer en el proyecto.
- Revisar que es lo que pide el concurso en cuanto a demostrar cual es el sistema más eficiente y como se va a medir el consumo de energía.
- Especificar a ubicación del inversor de los paneles solares.

- **G7 (Cubierta):** Ya hay una propuesta sobre la modulación y la cubierta verde.

**Tareas:**

- Definir los planos técnicos y subirlos al Drive.
- Las cotizaciones, subirlas al Drive.
- Hablar con el Arquitecto Alfonso y con la niña que está realizando su tesis sobre jardines verticales para que los orienten sobre el sistema que se va a utilizar (por medio de bandejas) y como se puede realizar el sistema.
- Verificar los pesos que tendrá la cubierta.

- **G8 (Hidráulico):** No se presentó el avance.

- **G9 (Cocina):** No se presentó el avance.

- **G10 (Baño):** No se presentó el avance.

- **G11 (Administración):** Se comentó sobre la solicitud del lugar para la construcción del prototipo en la Universidad. Se recordó a los grupos de subir los avances al Drive para que todo el mundo pueda tener acceso a la información.

Tareas:

- Confirmar si existe la posibilidad de que en la Universidad hay un espacio para la construcción del prototipo.
  - Subir el cronograma al Drive.
  - Estar pendiente de todas las cotizaciones.
4. Se recordó que es importante tener todas las cotizaciones lo más pronto posible para poder pasarlas a la universidad y así poder comprar los materiales para la construcción de la casa.
  5. Se ofreció un lugar en la empresa en donde se cortará la estructura metálica en donde se puede construir el prototipo. De igual manera se está esperando la respuesta de la universidad frente a la posibilidad de un lugar dentro de la universidad para la construcción del prototipo. No se estableció una fecha para el inicio de la obra.

## Anexo E. Acta de Comité de Obra # 1, Agosto 31 de 2015.



Acta Comité de Obra # 2 2015-08-31  
Bogotá D.C.

### ORDEN DEL DÍA:

1. Aspectos Administrativos
2. Objetivos Comité 1
3. Sistema Eléctrico
4. Cubierta
5. Estructuras
6. Sistema Hidráulico
7. Cotizaciones
8. Lugar de construcción
9. Pisos
10. Fachadas

### Desarrollo de la Reunión:

1. Aspectos Administrativos: Ya se enviaron todos los papeles necesarios y requeridos para tener todo en regla con la universidad, las facultades de Ingeniería y Arquitectura ya están haciendo los tramites para ver en que es lo que pueden aportar. Se esta a la espera de la aceptación del presupuesto para poder recibir la plata del concurso.

#### Tareas:

- Llenar los formularios de las cotizaciones para poder adelantar el proceso de compra con la universidad.
- Estar pendiente del PIN para poder empezar a hacer las compras del material.

2. Se leyó el acta anterior y se preguntaron por las diferentes tareas y como iba el proceso de cada grupo.

3. Sistema Eléctrico:

4. Cubierta: Se tienen dos propuestas de la cubierta verde y dos opciones de construcción.

#### Tarea:

- Tomar la decisión de cual de las dos opciones y empezar a cotizar.

5. Estructura: Ya se cotizo el acero mas o menos estaría costando unos \$65'000,000 COP pero se hablo con la empresa Sirgo que realizo una propuesta de \$34'560,000COP. El laboratorio de Ingeniería Civil de la universidad dono todo para la realización de los apoyos de la casa.

#### Tareas:

- Estar realizando los apoyos en el laboratorio de Ingeniería Civil la próxima semana.
- Tener la cotización lista de la estructura
- Colocar el mesanino en la entrada de la casa y corroborar las alturas.

6. Sistema Hidráulico: Ya se tienen los planos de suministro y desagües. Se está hablando con los de mobiliario y diseño para especificar el mobiliario del Baño.

Tareas:

- Hablar con la Ingeniera Catalina Amaya y ponerse de acuerdo en los planes hidráulicos.
- Planos del calentador, ponerse de acuerdo con los ingenieros eléctricos.

7. Cotizaciones: Ya se tiene las cotizaciones de los paneles de guadua los cuales tienen que especifica dependiendo el uso que se les va a dar, la de la cubierta verde y el del acero.

Tareas:

- Están pendientes las cotizaciones del Sistema eléctrico y el Sistema hidráulico

8. Lugar de Construcción: Ya se mandaron las solicitudes se está a la espera de una respuesta, al igual se reenvió la petición y se plantearon nuevas alternativas el decano del medio también está insistiendo por otro lado.

Tareas:

- Insistir a planta física.

9. Pisos: Ya se tienen los planos.

Tareas:

- Especificar y confirmar los paneles de guadua.

10. Fachada: Existe la posibilidad de unos paneles nuevos de Argos, ya se envió el correo y se está hablando de la empresa para ver las posibilidades que existen. El miércoles se confirma la cotización de los muros verdes.

Tareas:

- Confirmar los paneles de guadua laminada
- Confirmar la cotización de los muros verdes
- Decidir si se va a realizar con la empresa Groncol o se va a realizar por el equipo.

El miércoles 2 de septiembre se va a hablar con una persona que puede patrocinar las bicicletas en guadua.

**Anexo F. Comunicado por parte del Solar Decathlon indicando fechas importantes a tener en cuenta.**

## Anexo G. Formato de Actividades para la recolección de información

### RECOLECCIÓN DE INFORMACION DE ACTIVIDADES

Fecha \_\_\_\_\_

Grupo de Trabajo \_\_\_\_\_

Responsable \_\_\_\_\_

Con este formato se busca recolectar las actividades del proceso de construcción que cada equipo debe realizar con el fin de estructurar adecuadamente este proceso.

Actividad	Requerimiento	Actividad Predecesora
EN ESTE ESPACIO INDIQUE LA(S) ACTIVIDAD (ES) QUE EL GRUPO DE TRABAJO DEBE LLEVAR ACABO EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	EN ESTE ESPACIO INDIQUE LAS ACTIVIDADES PREVIAS QUE EL GRUPO DE TRABAJO REQUIERE QUE ESTEN FINALIZADAS PARA DAR INCICIO A LA ACTIVIDAD NOMBRADA ANTERIORMENTE	EN ESTE ESPACIO INDIQUE LA ACTIVIDAD SUCESORA A LA NOMBRADA ANTERIORMENTE EN EL ESPACIO "ACTIVIDAD" CON EL FIN DE CREAR UNA SUCESIÓN DE ACTIVIDADES

*Ilustración 15.* Formato de actividades. Elaboración propia

## Anexo H. Formato de Materiales para la recolección de información

RECOLECCIÓN DE INFORMACION DE MATERIALES				
Fecha				
Grupo de Trabajo				
Responsable				
CON ESTE FORMATO SE BUSCA CONSOLIDAR LAS CANTIDADES DE MATERIALES Y PROVEEDORES NECERIAS PARA TODO EL PROCESO DE ENSAMBLE.				
Actividad	MATERIALES	EMPRESA		
EN ESTE ESPACIO INDIQUE LA(S) ACTIVIDAD (ES) QUE EL GRUPO DE TRABAJO DEBE LLEVAR A CABO EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	EN ESTE ESPACIO INDIQUE LOS MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD (MATERIALES DIRECTOS, HERRAMIENTAS, MAQUINARIA), INCLUYA CANTIDADES y MEDIAS.	EN ESTE ESPACIO INDIQUE LAS EMPRESAS CON LAS QUE HA COTIZADO O PIENSA COTIZAR.		

Ilustración 16. *Formato de Materiales. Elaboración propia*

## Anexo I. Formato de Tiempos para la recolección de información

### FORMATO DE TIEMPOS

Fecha \_\_\_\_\_ Hora Inicio \_\_\_\_\_

Grupo de Trabajo \_\_\_\_\_ Hora Fin \_\_\_\_\_

Número de personas \_\_\_\_\_

Responsable \_\_\_\_\_

CON ESTE FORMATO SE BUSCA DEFINIR LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR ACADA EQUIPO Y LA PROTECCIÓN UTILIZADA CON EL FIN DE IDENTIFICAR LAS FALLAS DEL PROCESO.

ACTIVIDAD REALIZADA	HERRAMIENTAS UTILIZADAS	TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDAD	PROTECCION UTILIZADA	OBSERVACIONES
EN ESTE ESPACIO INDIQUE LA(S) ACTIVIDAD(ES) REALIZADAS POR EL GRUPO DE TRABAJO DURANTE EL TIEMPO ESPECIFICADO	EN ESTE ESPACIO INDIQUE TODAS LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS POR EL GRUPO DE TRABAJO	EN ESTE ESPACIO INDIQUE APROXIMADAMENTE CUANTO TIEMPO REQUIRIÓ PARA LLEVAR A CABO LA ACTIVIDAD NOMBRADA	EN ESTE ESPACIO INDIQUE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN UTILIZADOS PARA LLEVAR A CABO LA ACTIVIDAD NOMBRADA	EN ESTE ESPACIO INDIQUE SI TUVO O TIENE ALGUN CONTRATIEMPO, IMPREVISTO, RECOMENDACIÓN O OBSERVACIÓN IMPORTANTES PARA TENER EN CUENTA

Ilustración 17. Formato de tiempos. Elaboración propia

## Anexo J. Pareto por aporte anual

Tipo	Producto	Precio	Cantidad	Precio Total	Peso Ponderado	Peso Acumulado
<b>Producto</b>	PISO EXTERIOR TIPO DECK	\$112.000	145	\$16.240.000	14,3986%	14,3986%
<b>Producto</b>	COCINA	\$16.000.000	1	\$16.000.000	14,1858%	28,5844%
<b>Material</b>	VIGA W 12" x 65lb/pie x 9 m	\$1.920.600	8	\$15.364.800	13,6226%	42,2070%
<b>Material</b>	VIGA W 10" x 39lb/pie x 12 m	\$1.537.200	6	\$9.223.200	8,1774%	50,3844%
<b>Producto</b>	PERFILERIA EN FACHADAS PARA MONTAJE DE PANELES DE MADERA	\$25.000	320	\$8.000.000	7,0929%	57,4773%
<b>Producto</b>	CUBIERTA EN STEELDECK	\$92.000	81	\$7.452.000	6,6070%	64,0843%
<b>Material</b>	VIGA W 14" x 68lb/pie x 12 m	\$2.666.400	2	\$5.332.800	4,7281%	68,8124%
<b>Producto</b>	CIELO RAZO	\$58.000	81	\$4.698.000	4,1653%	72,9777%
<b>Producto</b>	COMEDOR MODULADO CON 10 SILLAS	\$3.500.000	1	\$3.500.000	3,1031%	76,0809%
<b>Material</b>	FORMALETA 19mm 153x244 PZ-3	\$93.900	31	\$2.910.900	2,5808%	78,6617%
<b>Producto</b>	CAMA DOBLE	\$2.700.000	1	\$2.700.000	2,3939%	81,0556%
<b>Material</b>	TB ESTRC RECT 100x500mm 2.0mmx12m A500 PP	\$140.400	16	\$2.246.400	1,9917%	83,0472%
<b>Producto</b>	FOLDIN BED+DESK	\$1.800.000	1	\$1.800.000	1,5959%	84,6432%

<b>Material</b>	LAMINA HR 9.0mm 1830mm x 6100mm	\$1.773.185	1	\$1.773.185	1,5721%	86,2153%
<b>Producto</b>	TABLE + PUFF MESA DE 1mX 1m + 4 módulos postura	\$1.500.000	1	\$1.500.000	1,3299%	87,5452%
<b>Producto</b>	BEDROOMS CLOSETS	\$1.500.000	1	\$1.500.000	1,3299%	88,8751%
<b>Producto</b>	DESK	\$1.300.000	1	\$1.300.000	1,1526%	90,0277%
<b>Material</b>	TRIPLEX M. PINO 15mm 1.22x2.44m BC	\$71.900	18	\$1.294.200	1,1475%	91,1752%
<b>Producto</b>	BALA PISO SICOLUZ GU10 CON BOMBILLO LED DE 5W	\$50.000	23	\$1.150.000	1,0196%	92,1948%
<b>Producto</b>	SOFA 2M DE ANCHO	\$850.000	1	\$850.000	0,7536%	92,9484%
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL BED	\$850.000	1	\$850.000	0,7536%	93,7020%
<b>Material</b>	JARDINERIA RIMAZ 80cm CON PLATO WENGE	\$42.900	18	\$772.200	0,6846%	94,3866%
<b>Producto</b>	PANEL LED 30x30 CEB LUZ CALIDA	\$53.448	13	\$694.824	0,6160%	95,0027%
<b>Material</b>	PINO 2x2PG 3.2m CEPILLADO 4.1x4.1cm	\$7.900	76	\$600.400	0,5323%	95,5350%
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 5/8 x3	\$1.427	380	\$542.260	0,4808%	96,0158%
<b>Material</b>	PINO 2x6PG 3.962m CEPILLADO 4.1x13.8cm	\$25.900	18	\$466.200	0,4133%	96,4291%

<b>Material</b>	TANQUE 500LT COLEMPAQUES	\$150.900	3	\$452.700	0,4014%	96,8305%
<b>Producto</b>	SOFA 1M DE ANCHO	\$450.000	1	\$450.000	0,3990%	97,2295%
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL	\$420.000	1	\$420.000	0,3724%	97,6018%
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 1/2 x3	\$808	350	\$282.800	0,2507%	97,8526%
<b>Producto</b>	PANEL LED 60x60 52W 6500W CEB	\$137.931	2	\$275.862	0,2446%	98,0972%
<b>Producto</b>	REFLECTOR LED 20W HECA RGB	\$67.241	4	\$268.964	0,2385%	98,3356%
<b>Material</b>	ANGULO 3/8" x 3" x 6m	\$128.520	2	\$257.040	0,2279%	98,5635%
<b>Material</b>	PLASTICO NEGRO 1mx3m ANCHO CAL 3.5	\$3.700	60	\$222.000	0,1968%	98,7603%
<b>Material</b>	GEOTEXTIL NT 2000 1 x 3,5m Ancho PAVCO	\$15.900	13	\$206.700	0,1833%	98,9436%
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x4 50un	\$26.900	5	\$134.500	0,1192%	99,0629%
<b>Material</b>	BARNIZ GL INTERPERIE BRILLANTE	\$56.900	2	\$113.800	0,1009%	99,1638%
<b>Material</b>	THERMOLON 3mm 17 25m2 UNA CARA METALIZADA	\$104.900	1	\$104.900	0,0930%	99,2568%

<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8-11	\$227	380	\$86.260	0,0765%	99,3332%
<b>Material</b>	SILICONA PEGADIT SELLO PERIMETAL X 280ML	\$16.900	5	\$84.500	0,0749%	99,4082%
<b>Material</b>	FLANCHE 20x240cm CAL 26 LAMINA ACESCO	\$19.900	4	\$79.600	0,0706%	99,4787%
<b>Producto</b>	BALA PANEL LED 6W CUADRADA	\$17.241	4	\$68.964	0,0611%	99,5399%
<b>Material</b>	SOLDADURA CPVC 1/4 GAL 950 ml PAVCO	\$50.900	1	\$50.900	0,0451%	99,5850%
<b>Material</b>	SOLDADURA PVC 1/4 gal 950 ml PAVCO	\$47.900	1	\$47.900	0,0425%	99,6275%
<b>Material</b>	TUBO CPVC 1/2 x3m PAVCO	\$8.900	5	\$44.500	0,0395%	99,6669%
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2-13	\$120	350	\$42.000	0,0372%	99,7042%
<b>Material</b>	TUBO 2x6 m SANITARIA PAVCO	\$39.900	1	\$39.900	0,0354%	99,7395%
<b>Material</b>	TUBO 1/2 X 6 M PRESION 13 5-315 Psi PAVCO	\$8.900	4	\$35.600	0,0316%	99,7711%

<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8	\$92	380	\$35.112	0,0311%	99,8022%
<b>Material</b>	CHEQUE 1/2x125Psi HORIZONTAL HELBERT	\$26.900	1	\$26.900	0,0238%	99,8261%
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x3PG 10un	\$6.500	4	\$26.000	0,0231%	99,8491%
<b>Material</b>	REMOVEDOR PVC 1/4 GALON 760 gr PAVCO	\$22.900	1	\$22.900	0,0203%	99,8694%
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2	\$45	350	\$15.785	0,0140%	99,8834%
<b>Material</b>	ADAPTADOR 2 LIMPIEZA SANITARIA PAVCO	\$3.500	4	\$14.000	0,0124%	99,8958%
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 CPVC PAVCO	\$6.800	2	\$13.600	0,0121%	99,9079%
<b>Material</b>	VALVULA BOLA PVC 1/2 LISA SOLDABLE GRIVAL	\$4.100	3	\$12.300	0,0109%	99,9188%
<b>Material</b>	VALVULA BOLA ROSCA 1/2 PLG AGUA MANIJA LARGA	\$10.900	1	\$10.900	0,0097%	99,9285%
<b>Material</b>	YEE 2 SANITARIA PAVCO	\$3.500	3	10500	0,0093%	99,9378%

<b>Material</b>	ACOPLE 1/2 x 1/2 40 cm PLASTICO LVM/LVP GRV	\$2.600	3	\$7.800	0,0069%	99,9447%
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 10XUNID CPVC PAVCO PROPACK	\$7.200	1	\$7.200	0,0064%	99,9511%
<b>Material</b>	SIFON 2 SANITARIA PAVCO	\$6.900	1	\$6.900	0,0061%	99,9572%
<b>Material</b>	TEE 1x1/2 PRESION PAVCO	\$3.400	2	\$6.800	0,0060%	99,9632%
<b>Material</b>	CODO 45x 2 CxC SANITARIA PAVCO	\$1.670	4	\$6.680	0,0059%	99,9692%
<b>Material</b>	ESTOPA 400 gr	\$5.900	1	\$5.900	0,0052%	99,9744%
<b>Material</b>	TEE 1/2 CPVC PAVCO	\$1.100	5	\$5.500	0,0049%	99,9793%
<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid CPVC PAVCO PROPACK	\$4.950	1	\$4.950	0,0044%	99,9837%
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESION PAVCO	\$2.250	2	\$4.500	0,0040%	99,9876%
<b>Material</b>	TEE 1/2 10Unid PRESION PAVCO PROPACK	\$3.050	1	\$3.050	0,0027%	99,9903%
<b>Material</b>	REJILLA 3x2 CORRIENTE ECONOMICA PLASTICA	\$2.900	1	\$2.900	0,0026%	99,9929%
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 10UNID PRESION PAVCO PROPACK	\$2.250	1	\$2.250	0,0020%	99,9949%

<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid PRESION PAVCO PROPACK	\$2.250	1	\$2.250	0,0020%	99,9969%
<b>Material</b>	CINTA TEFLON PTFE PREMIUM 1/2 X 10MT	\$1.900	1	\$1.900	0,0017%	99,9986%
<b>Material</b>	CODO 90x 2 CxE SANITARIA PAVCO	\$1.590	1	\$1.590	0,0014%	100,0000%
<b>Material</b>	MARCOS DE MADERA ZAPAN 321mm			\$-	0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	24 PIVOTES			\$-	0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	12 PASADORES VERTICALES			\$-	0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	12 PASADORES HORIZONTALES			\$-	0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	ETERILLA 250 m2			\$-	0,0000%	100,0000%
				\$112.788.926	100,0000%	

*Tabla 8.* Pareto por aporte anual. Elaboración propia.

## Anexo K. Pareto por precio unitario.

Tipo	Producto	Precio	Peso Ponderado	Peso Acumulado
Producto	COCINA	\$16.000.000	39,4264%	39,4264%
Producto	COMEDOR MODULADO CON 10 SILLAS	\$3.500.000	8,6245%	48,0510%
Producto	CAMA DOBLE	\$2.700.000	6,6532%	54,7042%
Material	VIGA W 14" x 68lb/pie x 12 m	\$2.666.400	6,5704%	61,2746%
Material	VIGA W 12" x 65lb/pie x 9 m	\$1.920.600	4,7327%	66,0073%
Producto	FOLDIN BED+DESK	\$1.800.000	4,4355%	70,4427%
Material	LAMINA HR 9.0mm 1830mm x 6100mm	\$1.773.185	4,3694%	74,8121%
Material	VIGA W 10" x 39lb/pie x 12 m	\$1.537.200	3,7879%	78,6000%
Producto	TABLE + PUFF MESA DE 1mX 1m + 4 módulos postura	\$1.500.000	3,6962%	82,2963%
Producto	BEDROOMS CLOSETS	\$1.500.000	3,6962%	85,9925%
Producto	DESK	\$1.300.000	3,2034%	89,1959%
Producto	SOFA 2M DE ANCHO	\$850.000	2,0945%	91,2904%
Producto	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL BED	\$850.000	2,0945%	93,3850%
Producto	SOFA 1M DE ANCHO	\$450.000	1,1089%	94,4938%
Producto	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL	\$420.000	1,0349%	95,5288%
Material	TANQUE 500LT COLEMPAQUES	\$150.900	0,3718%	95,9006%
Material	TB ESTRC RECT 100x500mm 2.0mmx12m A500 PP	\$140.400	0,3460%	96,2466%
Producto	PANEL LED 60x60 52W 6500W CEB	\$137.931	0,3399%	96,5865%
Material	ANGULO 3/8" x 3" x 6m	\$128.520	0,3167%	96,9032%
Producto	PISO EXTERIOR TIPO DECK	\$112.000	0,2760%	97,1791%

<b>Material</b>	THERMOLON 3mm 17 25m2 UNA CARA METALIZADA	\$104.900	0,2585%	97,4376%
<b>Material</b>	FORMALETA 19mm 153x244 PZ-3	\$93.900	0,2314%	97,6690%
<b>Producto</b>	CUBIERTA EN STEELDECK	\$92.000	0,2267%	97,8957%
<b>Material</b>	TRIPLEX M. PINO 15mm 1.22x2.44m BC	\$71.900	0,1772%	98,0729%
<b>Producto</b>	REFLECTOR LED 20W HECA RGB	\$67.241	0,1657%	98,2386%
<b>Producto</b>	CIELO RAZO	\$58.000	0,1429%	98,3815%
<b>Material</b>	BARNIZ GL INTERPERIE BRILLANTE	\$56.900	0,1402%	98,5217%
<b>Producto</b>	PANEL LED 30x30 CEB LUZ CALIDA	\$53.448	0,1317%	98,6534%
<b>Material</b>	SOLDADURA CPVC 1/4 GAL 950 ml PAVCO	\$50.900	0,1254%	98,7788%
<b>Producto</b>	BALA PISO SICOLUZ GU10 CON BOMBILLO LED DE 5W	\$50.000	0,1232%	98,9020%
<b>Material</b>	SOLDADURA PVC 1/4 gal 950 ml PAVCO	\$47.900	0,1180%	99,0201%
<b>Material</b>	JARDINERIA RIMAZ 80cm CON PLATO WENGE	\$42.900	0,1057%	99,1258%
<b>Material</b>	TUBO 2x6 m SANITARIA PAVCO	\$39.900	0,0983%	99,2241%
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x4 50un	\$26.900	0,0663%	99,2904%
<b>Material</b>	CHEQUE 1/2x125Psi HORIZONTAL HELBERT	\$26.900	0,0663%	99,3567%
<b>Material</b>	PINO 2x6PG 3.962m CEPILLADO 4.1x13.8cm	\$25.900	0,0638%	99,4205%

<b>Producto</b>	PERFILERIA EN FACHADAS PARA MONTAJE DE PANELES DE MADERA	\$25.000	0,0616%	99,4821%
<b>Material</b>	REMOVEDOR PVC 1/4 GALON 760 gr PAVCO	\$22.900	0,0564%	99,5385%
<b>Material</b>	FLANCHE 20x240cm CAL 26 LAMINA ACESCO	\$19.900	0,0490%	99,5876%
<b>Producto</b>	BALA PANEL LED 6W CUADRADA	\$17.241	0,0425%	99,6301%
<b>Material</b>	SILICONA PEGADIT SELLO PERIMETAL X 280ML	\$16.900	0,0416%	99,6717%
<b>Material</b>	GEOTEXTIL NT 2000 1 x 3,5m Ancho PAVCO	\$15.900	0,0392%	99,7109%
<b>Material</b>	VALVULA BOLA ROSCA 1/2 PLG AGUA MANIJA LARGA	\$10.900	0,0269%	99,7377%
<b>Material</b>	TUBO 1/2 X 6 M PRESION 13 5-315 Psi PAVCO	\$8.900	0,0219%	99,7597%
<b>Material</b>	TUBO CPVC 1/2 x3m PAVCO	\$8.900	0,0219%	99,7816%
<b>Material</b>	PINO 2x2PG 3.2m CEPILLADO 4.1x4.1cm	\$7.900	0,0195%	99,8011%
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 10XUNID CPVC PAVCO PROPACK	\$7.200	0,0177%	99,8188%
<b>Material</b>	SIFON 2 SANITARIA PAVCO	\$6.900	0,0170%	99,8358%
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 CPVC PAVCO	\$6.800	0,0168%	99,8526%
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x3PG 10un	\$6.500	0,0160%	99,8686%
<b>Material</b>	ESTOPA 400 gr	\$5.900	0,0145%	99,8831%

<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid CPVC PAVCO PROPACK	\$4.950	0,0122%	99,8953%
<b>Material</b>	VALVULA BOLA PVC 1/2 LISA SOLDABLE GRIVAL	\$4.100	0,0101%	99,9054%
<b>Material</b>	PLASTICO NEGRO 1mx3m ANCHO CAL 3.5	\$3.700	0,0091%	99,9145%
<b>Material</b>	ADAPTADOR 2 LIMPIEZA SANITARIA PAVCO	\$3.500	0,0086%	99,9232%
<b>Material</b>	YEE 2 SANITARIA PAVCO	\$3.500	0,0086%	99,9318%
<b>Material</b>	TEE 1x1/2 PRESION PAVCO	\$3.400	0,0084%	99,9402%
<b>Material</b>	TEE 1/2 10Unid PRESION PAVCO PROPACK	\$3.050	0,0075%	99,9477%
<b>Material</b>	REJILLA 3x2 CORRIENTE ECONOMICA PLASTICA	\$2.900	0,0071%	99,9548%
<b>Material</b>	ACOUPLE 1/2 x 1/2 40 cm PLASTICO LVM/LVP GRV	\$2.600	0,0064%	99,9612%
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESION PAVCO	\$2.250	0,0055%	99,9668%
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 1OUNID PRESION PAVCO PROPACK	\$2.250	0,0055%	99,9723%
<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid PRESION PAVCO PROPACK	\$2.250	0,0055%	99,9779%
<b>Material</b>	CINTA TEFLON PTFE PREMIUM 1/2 X 10MT	\$1.900	0,0047%	99,9826%
<b>Material</b>	CODO 45x 2 CxC SANITARIA PAVCO	\$1.670	0,0041%	99,9867%
<b>Material</b>	CODO 90x 2 CxE SANITARIA PAVCO	\$1.590	0,0039%	99,9906%
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A- 325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 5/8 x3	\$1.427	0,0035%	99,9941%
<b>Material</b>	TEE 1/2 CPVC PAVCO	\$1.100	0,0027%	99,9968%

<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 1/2 x3	\$808	0,0020%	99,9988%
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8-11	\$227	0,0006%	99,9994%
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2-13	\$120	0,0003%	99,9997%
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8	\$92	0,0002%	99,9999%
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2	\$45	0,0001%	100,0000%
<b>Material</b>	MARCOS DE MADERA ZAPAN 321mm		0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	24 PIVOTES		0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	12 PASADORES VERTICALES		0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	12 PASADORES HORIZONTALES		0,0000%	100,0000%
<b>Material</b>	ETERILLA 250 m2			

*Tabla 9.* Pareto por precio unitario. Elaboración propia.

**Anexo L. Descripción Indicadores de Gestión.**

<b>ID</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>DEFINICIÓN DEL INDICADOR</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>EXPRESIÓN MATEMÁTICA</b>	<b>FUENTE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>NIVELES DESEABLES</b>	<b>RESPONSABLE</b>
001	Cumplimiento de tiempos del cronograma	Mide el cumplimiento de tiempos con base en el cronograma	Medir el porcentaje de actividades realizadas en el tiempo previsto según cronograma	Se toma el número de actividades que se cumplieron antes o en la fecha establecida por el cronograma, y se divide en el número total de actividades planteadas.	$(\text{Actividades realizadas en el tiempo planeado} / \text{Total actividades planeadas}) * 100$	Cronograma	Semanal	Min: 85% Max: 100%	Comité de Administración y Logística
002	Cumplimiento de actividades del cronograma	Mide el cumplimiento de las actividades sin importar el tiempo en que se realicen	Controlar la ejecución de actividades del cronograma según lo planeado	Se toma el número de actividades que se ejecutaron, y se divide en el número total de actividades planteadas en el cronograma.	$(\text{Actividades realizadas} / \text{Total de actividades planeadas}) * 100$	Cronograma	Semanal	Min: 95% Max: 100%	Comité de Administración y Logística
003	Utilización de Recursos monetarios sobre el presupuesto	Mide el porcentaje de utilización de los	Medir y controlar que los recursos monetarios	Se divide el presupuesto gastado a la fecha, sobre el presupuesto	$(\text{Dinero consumido a la fecha} / \text{Presupuesto total permitido}) * 100$	Facturas, reglas, registro de gastos	Semanal	Min: 70% Max: 80%	Comité de Administración y Logística

	permitido	recursos monetarios permitidos por el SD	empleados a lo largo del desarrollo del proyecto no exceda el presupuestado	reglamentado por el concurso					
004	Utilización de Recursos monetarios sobre el presupuesto dado	Mide el porcentaje de utilización de los recursos monetarios dados por el SD	Medir y controlar que los recursos monetarios empleados a lo largo del desarrollo del proyecto sean menores o iguales al presupuestado	Se divide el presupuesto gastado a la fecha, sobre el presupuesto dado por el concurso	<i>(Dinero consumido a la fecha/Presupuesto total dado)*100</i>	Facturas, reglas, registro de gastos	Semanal	Min: 97% Max: 100%	Comité de Administración y Logística
005	Ausentismo de trabajadores	Mide el porcentaje de ausentismo por turno o cuadrilla	Determinar el porcentaje de horas programadas en las	Se divide el número total de horas ausentes, entre numero total de horas laborales	<i>(Total horas ausentes/Total horas programadas diarias)*100</i>	Planilla de turnos, planilla control de llegada y salida	Diarias	Min: 0% Max: 5%	Lider Cuadrilla

			que los colaboradores no están en su puesto de trabajo, por actividades que no están relacionadas con sus funciones	programadas diarias					
006	Proporción de materiales defectuosos	Mide la proporción de materiales defectuosos por proveedor	Controlar el porcentaje de materiales que llegan en mal estado de los diferentes proveedores	Se toma el total de materiales defectuosos, y se divide entre el total de materiales pedidos por proveedor	<i>(Total materiales defectuosos/Total materiales recibidos por proveedor)*100</i>	Planilla recibo de materiales, supervisión manual	A la llegada del material	Min: 0% Max: 5%	Encargado recepción de materiales
007	Percepción de la comunidad	Mide el porcentaje de población que tiene una buena percepción del proyecto	Medir el impacto positivo sociocultural percibido por la comunidad	Se toma el número de personas que respondieron que dieron una respuesta positiva frente al concurso, y se	<i>(Número total encuestas con percepción positiva/Número total de encuestas)*100</i>	Encuestas virtuales y presenciales	A lo largo del proceso	Min: 80% Max: 100%	Grupo de Mercadeo y Comunicación

				divide entre el total de personas encuestas					
008	Cumplimiento de objetivos por sesión	Mide la proporción de objetivos cumplidos versus los objetivos planteados por sesión	Revisar el porcentaje de objetivos que se cumplieron en relación con los objetivos establecidos	Dividir el número de objetivos cumplidos sobre el número total de objetivos establecidos por sesión	$(\text{Número total de objetivos cumplidos} / \text{Número total de objetivos por sesión}) * 100$	Revisión conjunta	Cada vez que haya reunión	Min: 90% Max: 100%	Comité de Administración y Logística
009	Cumplimiento de los entregables a SD	Contrasta el cumplimiento de los entregables requeridos por el concurso SD	Medir el porcentaje de cumplimiento de los entregables	Dividir el número de entregables entregados entre los entregables pedidos	$(\text{Número de entregables entregados} / \text{Número total de entregables pedidos}) * 100$	Revisión de la carpeta	Según cronograma de entregas	100%	Comité de Administración y Logística
010	Cumplimiento de criterios con base en las reglas del concurso	Calcula la proporción de criterios que se cumplieron, según lo exigido por el concurso	Medir el porcentaje de criterios cumplidos, respecto a los criterios que exige el SD	Se toma el total de requisitos que se cumplieron, y se divide entre el total de criterios establecidos	$(\text{Número total de criterios cumplidos} / \text{Número total de criterios establecidos}) * 100$	Normas SD, calificación final	Al finalizar el concurso	Min: 95% Max: 100%	Comité de Administración y Logística

Tabla 10. Descripción indicadores de gestión. Elaboración propia.

**Anexo M. Cronograma interno final del grupo PEI realizado en Microsoft Project.**

**Anexo N. Listado de materiales.**

<b>Tipo</b>	<b>Producto</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Material</b>	BARNIZ GL INTERPERIE BRILLANTE		\$56.900	2	\$113.800
<b>Material</b>	FLANCHE 20x240cm CAL 26 LAMINA ACESCO	20x240cm	\$19.900	4	\$79.600
<b>Material</b>	FORMALETA 19mm 153x244 PZ-3	19mm 152x244	\$93.900	31	\$2.910.900
<b>Material</b>	GEOTEXTIL NT 2000 1 x 3,5m Ancho PAVCO	1 x 3,5m Ancho	\$15.900	13	\$206.700
<b>Material</b>	JARDINERIA RIMAZ 80cm CON PLATO WENGE	80cm	\$42.900	18	\$772.200
<b>Material</b>	PINO 2x2PG 3.2m CEPILLADO 4.1x4.1cm	4.1x4.1cm	\$7.900	76	\$600.400
<b>Material</b>	PINO 2x6PG 3.962m CEPILLADO 4.1x13.8cm	4.1x13.8cm	\$25.900	18	\$466.200
<b>Material</b>	PLASTICO NEGRO 1mx3m ANCHO CAL 3.5	1mx3m ANCHO	\$3.700	60	\$222.000
<b>Material</b>	SILICONA PEGADIT SELLO PERIMETAL X 280ML	280ML	\$16.900	5	\$84.500

<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x3PG 10un	12x3 pulg	\$6.500	4	\$26.000
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x4 50un	12x4	\$26.900	5	\$134.500
<b>Material</b>	TRIPLEX M. PINO 15mm 1.22x2.44m BC	1.22x2.44m	\$71.900	18	\$1.294.200
<b>Material</b>	VIGA W 10" x 39lb/pie x 12 m	10" x 39lb/pie x 12 m	\$1.537.200	6	\$9.223.200
<b>Material</b>	VIGA W 14" x 68lb/pie x 12 m	14" x 68lb/pie x 12 m	\$2.666.400	2	\$5.332.800
<b>Material</b>	VIGA W 12" x 65lb/pie x 9 m	12" x 65lb/pie x 9 m	\$1.920.600	8	\$15.364.800
<b>Material</b>	TB ESTRC RECT 100x500mm 2.0mmx12m A500 PP	100x500mm 2.0mmx12m	\$140.400	16	\$2.246.400
<b>Material</b>	ANGULO 3/8" x 3" x 6m	3/8" x 3" x 6m	\$128.520	2	\$257.040
<b>Material</b>	LAMINA HR 9.0mm 1830mm x 6100mm	9.0mm 1830mm x 6100mm	\$1.773.185	1	\$1.773.185
<b>Material</b>	ACOPLE 1/2 x 1/2 40 cm PLASTICO LVM/LVP GRV	1/2 x 1/2 40 cm	\$2.600	3	\$7.800
<b>Material</b>	ADAPTADOR 2 LIMPIEZA SANITARIA PAVCO	2 PG	\$3.500	4	\$14.000
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 CPVC PAVCO	1/2 PG	\$6.800	2	\$13.600

<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESION PAVCO	1/2 PG	\$2.250	2	\$4.500
<b>Material</b>	CHEQUE 1/2x125Psi HORIZONTAL HELBERT	1/2x125Psi	\$26.900	1	\$26.900
<b>Material</b>	CINTA TEFLON PTFE PREMIUM 1/2 X 10MT	1/2 X 10MT	\$1.900	1	\$1.900
<b>Material</b>	CODO 45x 2 CxC SANITARIA PAVCO	45x 2CxC	\$1.670	4	\$6.680
<b>Material</b>	CODO 90x 2 CxE SANITARIA PAVCO	90x 2CxE	\$1.590	1	\$1.590
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 10XUNID CPVC PAVCO PROPACK	90x 1/2	\$7.200	1	\$7.200
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 1OUNID PRESION PAVCO PROPACK	90 ° X 1/2 PG	\$2.250	1	\$2.250
<b>Material</b>	ESTOPA 400 gr		\$5.900	1	\$5.900
<b>Material</b>	REJILLA 3x2 CORRIENTE ECONOMICA PLASTICA		\$2.900	1	\$2.900
<b>Material</b>	REMOVEDOR PVC 1/4 GALON 760 gr PAVCO		\$22.900	1	\$22.900
<b>Material</b>	SIFON 2 SANITARIA PAVCO		\$6.900	1	\$6.900

<b>Material</b>	SOLDADURA CPVC 1/4 GAL 950 ml PAVCO	950 ML	\$50.900	1	\$50.900
<b>Material</b>	SOLDADURA PVC 1/4 gal 950 ml PAVCO	950 ML	\$47.900	1	\$47.900
<b>Material</b>	TANQUE 500LT COLEMPAQUES	500 LT	\$150.900	3	\$452.700
<b>Material</b>	TEE 1/2 10Unid PRESION PAVCO PROPACK	1/2 PG	\$3.050	1	\$3.050
<b>Material</b>	TEE 1/2 CPVC PAVCO	1/2 PG	\$1.100	5	\$5.500
<b>Material</b>	TEE 1x1/2 PRESION PAVCO	1/2 PG	\$3.400	2	\$6.800
<b>Material</b>	THERMOLON 3mm 17 25m2 UNA CARA METALIZADA	3mm 17 25m2	\$104.900	1	\$104.900
<b>Material</b>	TUBO 1/2 X 6 M PRESION 13 5-315 Psi PAVCO	1/2 X 6 M	\$8.900	4	\$35.600
<b>Material</b>	TUBO 2x6 m SANITARIA PAVCO	2x6 m	\$39.900	1	\$39.900
<b>Material</b>	TUBO CPVC 1/2 x3m PAVCO	1/2 x3m	\$8.900	5	\$44.500
<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid CPVC PAVCO PROPACK	1/2 PG	\$4.950	1	\$4.950

<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid PRESION PAVCO PROPACK	1/2 PG	\$2.250	1	\$2.250
<b>Material</b>	VALVULA BOLA PVC 1/2 LISA SOLDABLE GRIVAL	1/2 PG	\$4.100	3	\$12.300
<b>Material</b>	VALVULA BOLA ROSCA 1/2 PLG AGUA MANIJA LARGA	1/2 PG	\$10.900	1	\$10.900
<b>Material</b>	YEE 2 SANITARIA PAVCO		\$3.500	3	10500
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A- 325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 1/2 x3	1/2 PG	\$808	350	\$282.800
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A- 325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 5/8 x3	5/8 PG	\$1.427	380	\$542.260
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2-13	1/2 PG	\$120	350	\$42.000
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8-11	5/8 PG	\$227	380	\$86.260
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2	1/2 PG	\$45	350	\$15.785

<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8	5/8 PG	\$92	380	\$35.112
<b>Material</b>	MARCOS DE MADERA ZAPAN 321mm	321 mm			\$-
<b>Material</b>	24 PIVOTES				\$-
<b>Material</b>	12 PASADORES VERTICALES				\$-
<b>Material</b>	12 PASADORES HORIZONTALES				\$-
<b>Material</b>	ETERILLA 250 m2	250m2			\$-
<b>Producto</b>	PANEL LED 30x30 CEB LUZ CALIDA	30 x 30 mm	\$53.448	13	\$694.824
<b>Producto</b>	PANEL LED 60x60 52W 6500W CEB	60 x 60 mm	\$137.931	2	\$275.862
<b>Producto</b>	BALA PANEL LED 6W CUADRADA		\$17.241	4	\$68.964
<b>Producto</b>	REFLECTOR LED 20W HECA RGB		\$67.241	4	\$268.964
<b>Producto</b>	BALA PISO SICOLUZ GU10 CON BOMBILLO LED DE 5W		\$50.000	23	\$1.150.000
<b>Producto</b>	COMEDOR MODULADO CON 10 SILLAS		\$3.500.000	1	\$3.500.000
<b>Producto</b>	SOFA 1M DE ANCHO	1m ancho	\$450.000	1	\$450.000
<b>Producto</b>	SOFA 2M DE ANCHO	2m ancho	\$850.000	1	\$850.000

<b>Producto</b>	TABLE + PUFF MESA DE 1mX 1m + 4 módulos postura	1 m x 1m	\$1.500.000	1	\$1.500.000
<b>Producto</b>	CAMA DOBLE		\$2.700.000	1	\$2.700.000
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL		\$420.000	1	\$420.000
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL BED		\$850.000	1	\$850.000
<b>Producto</b>	BEDROOMS CLOSETS		\$1.500.000	1	\$1.500.000
<b>Producto</b>	FOLDIN BED+DESK		\$1.800.000	1	\$1.800.000
<b>Producto</b>	DESK		\$1.300.000	1	\$1.300.000
<b>Producto</b>	PISO EXTERIOR TIPO DECK		\$112.000	145	\$16.240.000
<b>Producto</b>	CUBIERTA EN STEELDECK		\$92.000	81	\$7.452.000
<b>Producto</b>	CIELO RAZO		\$58.000	81	\$4.698.000
<b>Producto</b>	PERFILERIA EN FACHADAS PARA MONTAJE DE PANELES DE MADERA		\$25.000	320	\$8.000.000
<b>Producto</b>	COCINA		\$16.000.000	1	\$16.000.000

*Tabla 11.* Listado de materiales. Elaboración propia.

## **Anexo O. Políticas ABC para el manejo de inventarios.**

### *ARTICULOS A Y B*

1. Para el manejo y ventas de los artículos A se debe asegurar una comunicación constante (más de una vez al día) y asertiva entre los involucrados en el proceso de preparación del material para la construcción, en el proceso de extracción del producto y el proceso de transformación del mismo, así el artículo A va a estar disponible para la construcción en el momento estrictamente necesario, ya que este es de vital importancia en el proceso de construcción.
2. Para los artículos A se debe realizar un Kardex de manera organizada y diaria, con el fin de conocer todas las entradas y salidas (todos los movimientos) del producto en la construcción. Con esto se puede evaluar el nivel de servicio de los involucrados y evaluar la disponibilidad del artículo en el momento requerido.
3. La planificación de la demanda de los artículos A debe ser lo más exacta posible, se debe tener un conocimiento profundo de la cantidad que se necesita con el fin de poderla satisfacer plenamente. Esto se cumple haciendo una recoleta de información con los datos más precisos y el menor error posible. También se logrará con una relación muy cercana con involucrados en el proceso de construcción en donde haya un acercamiento de tal manera que se pueda conocer o predecir para cuando ellos van necesitar del producto y en qué cantidades.
4. El producto tipo A debe pasar por un proceso de calidad altamente estricto, en donde sea verificado por varias personas (o procesos) antes de ser utilizado en la construcción. El artículo A debe cumplir con todas las especificaciones de planos u armado con el fin de reducir tiempos al momento de utilizarlos en el proceso de construcción y permitir que el proceso se desarrolle fluidamente.

### *ARTICULOS C*

1. Para los artículos C la comunicación entre los involucrados en el proceso de construcción y el almacén debe realizarse con menos intensidad ya que son productos que no se utilizan a diario y que tienen un menor costo para la empresa.
2. Para los artículos C se debe realizar un registro no tan vigoroso de sus movimientos, ya que tiene baja rotación y por consiguiente no tiene entradas ni salidas constantemente.
3. Se debe realizar una planificación de la demanda anual de los productos tipo C para proyectar las cantidades que van a ser vendidas en el año y así poder satisfacer al cliente.
4. Los artículos C deben pasar por un proceso de calidad para la verificación de sus características y cumplan con lo prometido para a construcción. Es un proceso realizado por una persona en poco tiempo.

## Anexo P. Lista de materiales con dimensiones y pesos

<b>Tipo</b>	<b>Producto</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Producto</b>	COCINA		
<b>Producto</b>	COMEDOR MODULADO CON 10 SILLAS		
<b>Producto</b>	CAMA DOBLE		
<b>Material</b>	VIGA W 14" x 68lb/pie x 12 m	14" x 68lb/pie x 12 m	2.424,00
<b>Material</b>	VIGA W 12" x 65lb/pie x 9 m	12" x 65lb/pie x 9 m	7.092,64
<b>Producto</b>	FOLDIN BED+DESK		
<b>Material</b>	LAMINA HR 9.0mm 1830mm x 6100mm	9.0mm 1830mm x 6100mm	788,00
<b>Material</b>	VIGA W 10" x 39lb/pie x 12 m	10" x 39lb/pie x 12 m	4.176,00
<b>Producto</b>	TABLE + PUFF MESA DE 1mX 1m + 4 módulos postura	1 m x 1m	
<b>Producto</b>	BEDROOMS CLOSETS		
<b>Producto</b>	DESK		
<b>Producto</b>	SOFA 2M DE ANCHO	2m ancho	
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL BED		
<b>Producto</b>	SOFA 1M DE ANCHO	1m ancho	
<b>Producto</b>	MEZZANINE MULTIFUNCIONAL		
<b>Material</b>	TANQUE 500LT COLEMPAQUES	500 LT	
<b>Material</b>	TB ESTRC RECT 100x500mm 2.0mmx12m A500 PP	100x500mm 2.0mmx12m	864,00
<b>Producto</b>	PANEL LED 60x60 52W 6500W CEB	60 x 60 mm	3
<b>Material</b>	ANGULO 3/8" x 3" x 6m	3/8" x 3" x 6m	124,52
<b>Producto</b>	PISO EXTERIOR TIPO DECK		

<b>Material</b>	THERMOLON 3mm 17 25m2 UNA CARA METALIZADA	3mm 17 25m2	
<b>Material</b>	FORMALETA 19mm 153x244 PZ-3	19mm 152x244	
<b>Producto</b>	CUBIERTA EN STEELDECK		
<b>Material</b>	TRIPLEX M. PINO 15mm 1.22x2.44m BC	1.22x2.44m	
<b>Producto</b>	REFLECTOR LED 20W HECA RGB		2
<b>Producto</b>	CIELO RAZO		
<b>Material</b>	BARNIZ GL INTERPERIE BRILLANTE		
<b>Producto</b>	PANEL LED 30x30 CEB LUZ CALIDA	30 x 30 mm	1,4
<b>Material</b>	SOLDADURA CPVC 1/4 GAL 950 ml PAVCO	950 ML	
<b>Producto</b>	BALA PISO SICOLUZ GU10 CON BOMBILLO LED DE 5W		0,7
<b>Material</b>	SOLDADURA PVC 1/4 gal 950 ml PAVCO	950 ML	
<b>Material</b>	JARDINERIA RIMAZ 80cm CON PLATO WENGE	80cm	
<b>Material</b>	TUBO 2x6 m SANITARIA PAVCO	2x6 m	
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x4 50un	12x4	
<b>Material</b>	CHEQUE 1/2x125Psi HORIZONTAL HELBERT	1/2x125Psi	
<b>Material</b>	PINO 2x6PG 3.962m CEPILLADO 4.1x13.8cm	4.1x13.8cm	

<b>Producto</b>	PERFILERIA EN FACHADAS PARA MONTAJE DE PANELES DE MADERA	
<b>Material</b>	REMOVEDOR PVC 1/4 GALON 760 gr PAVCO	0,76
<b>Material</b>	FLANCHE 20x240cm CAL 26 LAMINA ACESCO	20x240cm
<b>Producto</b>	BALA PANEL LED 6W CUADRADA	0,3
<b>Material</b>	SILICONA PEGADIT SELLO PERIMETAL X 280ML	280ML
<b>Material</b>	GEOTEXTIL NT 2000 1 x 3,5m Ancho PAVCO	1 x 3,5m Ancho
<b>Material</b>	VALVULA BOLA ROSCA 1/2 PLG AGUA MANIJA LARGA	1/2 PG
<b>Material</b>	TUBO 1/2 X 6 M PRESION 13 5-315 Psi PAVCO	1/2 X 6 M
<b>Material</b>	TUBO CPVC 1/2 x3m PAVCO	1/2 x3m
<b>Material</b>	PINO 2x2PG 3.2m CEPILLADO 4.1x4.1cm	4.1x4.1cm
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 10XUNID CPVC PAVCO PROPACK	90x 1/2
<b>Material</b>	SIFON 2 SANITARIA PAVCO	
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 CPVC PAVCO	1/2 PG
<b>Material</b>	TORNILLO CUBIERTA ESTR METAL 12x3PG 10un	12x3 pulg
<b>Material</b>	ESTOPA 400 gr	0,4

<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid CPVC PAVCO PROPACK	1/2 PG
<b>Material</b>	VALVULA BOLA PVC 1/2 LISA SOLDABLE GRIVAL	1/2 PG
<b>Material</b>	PLASTICO NEGRO 1mx3m ANCHO CAL 3.5	1mx3m ANCHO
<b>Material</b>	ADAPTADOR 2 LIMPIEZA SANITARIA PAVCO	2 PG
<b>Material</b>	YEE 2 SANITARIA PAVCO	
<b>Material</b>	TEE 1x1/2 PRESION PAVCO	1/2 PG
<b>Material</b>	TEE 1/2 10Unid PRESION PAVCO PROPACK	1/2 PG
<b>Material</b>	REJILLA 3x2 CORRIENTE ECONOMICA PLASTICA	
<b>Material</b>	ACOPLE 1/2 x 1/2 40 cm PLASTICO LVM/LVP GRV	1/2 x 1/2 40 cm
<b>Material</b>	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESION PAVCO	1/2 PG
<b>Material</b>	CODO 90x 1/2 1OUNID PRESION PAVCO PROPACK	90 ° X 1/2 PG
<b>Material</b>	UNION 1/2 10 Unid PRESION PAVCO PROPACK	1/2 PG
<b>Material</b>	CINTA TEFLON PTFE PREMIUM 1/2 X 10MT	1/2 X 10MT
<b>Material</b>	CODO 45x 2 CxC SANITARIA PAVCO	45x 2CxC
<b>Material</b>	CODO 90x 2 CxE SANITARIA PAVCO	90x 2CxE
<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 5/8 x3	5/8 PG
<b>Material</b>	TEE 1/2 CPVC PAVCO	1/2 PG

<b>Material</b>	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV.EN CAL. 1/2 x3	1/2 PG
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8-11	5/8 PG
<b>Material</b>	TCA HEX G5 UNC GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2-13	1/2 PG
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 5/8	5/8 PG
<b>Material</b>	WASA GALVANIZADA EN CALIENTE 1/2	1/2 PG
<b>Material</b>	MARCOS DE MADERA ZAPAN 321mm	321 mm
<b>Material</b>	24 PIVOTES	
<b>Material</b>	12 PASADORES VERTICALES	
<b>Material</b>	12 PASADORES HORIZONTALES	
<b>Material</b>	ETERILLA 250 m2	250m2

*Tabla 12.* Listado de materiales con dimensiones y pesos. Elaboración propia.

**Anexo Q. Cronograma Escuela Taller**

**Anexo R. Formato para el calculo de los indicadores de gestión.**

**Anexo S. Cotizacion Rodarcarga**

**Anexo T. Cotización Suoperador**

**Anexo U. Cotización Equipos y Soluciones Logisticas SAS.**