

**LÍNEA DE PRODUCTOS ELABORADOS MEDIANTE TUBERÍA DE PVC Y
CPVC RESIDUAL PARA IMPLEMENTACIÓN EN SERVICIOS COMUNALES DE
LOS PROYECTOS EJECUTADOS POR LA CONSTRUCTORA MARVAL S.A.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

JOHN JEFFERSSON SILVA ROMÁN

DIEGO FERNANDO GARAVITO NAVAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

BUCARAMANGA

2015

**LÍNEA DE PRODUCTOS ELABORADOS MEDIANTE TUBERÍA DE PVC Y
CPVC RESIDUAL PARA IMPLEMENTACIÓN EN SERVICIOS COMUNALES DE
LOS PROYECTOS EJECUTADOS POR LA CONSTRUCTORA MARVAL S.A.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

JOHN JEFFERSSON SILVA ROMÁN

DIEGO FERNANDO GARAVITO NAVAS

Trabajo de grado presentado para optar al título de:

Diseñador Industrial.

Director:

GERMAN A. DÍAZ RAMÍREZ

MAGISTER EN INGENIERÍA DE MATERIALES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

BUCARAMANGA

2015

DEDICATORIA

A Dios por la vida, las capacidades y la sabiduría.

A nuestros padres, pilar irremplazable en nuestras vidas, gracias por su muestra de amor y el apoyo incondicional.

A nuestros hermanos y amigos que contribuyeron a nuestra formación como personas y profesionales.

Especial agradecimiento a mi compañero de proyecto, más que un compañero, un amigo y hermano, infinitas gracias por el apoyo, la paciencia y la continua perseverancia.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	19
1.1 TÍTULO.....	19
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. MARCO TEÓRICO	22
3.1 RCD-RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	22
3.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR DE LOS PLÁSTICOS	23
3.3 MARCO JURÍDICO NACIONAL	26
3.4 PVC (POLICLORURO DE VINILO)	27
3.5 RECICLADO DE PVC	33
3.6 TUBERÍA DE PVC.....	35
3.7 MOBILIARIO URBANO	38
4. METODOLOGÍA	40
5. ETAPA 1: INFORMACIÓN	42
5.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	42
5.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	42
5.3 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL MATERIAL RECOGIDO.....	48
6. ETAPA 2: ESTUDIO	52
6.1 ESTUDIO DEL MATERIAL.....	52
6.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS.....	53

6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	55
7. ETAPA 3: CREACIÓN	63
7.1 DISEÑO DE SISTEMA DE UNIÓN ENTRE TUBOS DE PVC	63
7.2 DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS (MOBILIARIO URBANO) EN PVC RESIDUAL.....	92
8. ETAPA 4: REALIZACIÓN	142
8.1 CONSTRUCCIÓN DE MODELO(S) FUNCIONAL.	142
8.2 RESULTADOS. MODELOS FUNCIONALES.....	142
9 FINALIZACIÓN.	145
9.1 FINALIZACIÓN.....	145
9.2 ACEPTACIÓN.....	146
CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	152
ANEXOS	158

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Vida útil- aplicaciones de los plásticos	25
Tabla 2. Aditivos para plásticos de PVC rígido	29
Tabla 3. Datos técnicos del PVC rígido	31
Tabla 4 - Tabla comparativa de propiedades entre PVC y CPVC	33
Tabla 5. Aplicaciones del PVC	36
Tabla 6. Resultados compresión perpendicular 1	56
Tabla 7. Resultados compresión perpendicular 2	57
Tabla 8. Resultados compresión paralela 1	60
Tabla 9. Resultados compresión paralela 2	61
Tabla 10. Matriz de selección de concepto	78
Tabla 11. Propiedades Polipropileno	87
Tabla 12. Propiedades del caucho vulcanizado	87
Tabla 13. Necesidades de usuario e importancia relativa	102
Tabla 14. Necesidades técnicas e importancia relativa	103
Tabla 15. Requerimientos de uso	104
Tabla 16. Requerimientos de función	105
Tabla 17. Requerimientos técnico-productivos	105
Tabla 18. Requerimientos estructurales	106
Tabla 19. Requerimientos ergonómicos	106
Tabla 20. Requerimientos formales estéticos	107
Tabla 21. Propiedades mecánicas de la RPFV	133
Tabla 22. Costos aproximados de manufactura	139

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Disposición de tubería de PVC correspondiente a un proyecto en curso, para envío a escombrera.	20
Figura 2. Porcentaje de materiales que componen los RCD.	23
Figura 3. Tecnología de los plásticos.	27
Figura 4. Molécula del cloruro y policloruro de vinilo.	28
Figura 5. Reciclado del PVC.	35
Figura 6. Presentaciones comerciales de la tubería de PVC.	38
Figura 7. Mobiliario urbano.	39
Figura 8. Esquema metodológico.	40
Figura 9. Visita de campo-Proyecto: Sendero de Miraflores- Piedecuesta.	43
Figura 10. Visita de campo-Proyecto: Paseo del Puente- Piedecuesta.	43
Figura 11. Visita de campo-Proyecto: La Loma – Piedecuesta.	44
Figura 12. Visita a Escombrera Rancho Grande.	45
Figura 13. Proceso de tratamiento de residuos de construcción en Escombrera.	46
Figura 14. Recolección, transporte y almacenamiento Tubería de PVC residual.	47
Figura 15. Selección, agrupación y distribución para almacenamiento en bodega del PVC.	48
Figura 16. Criterios a tener en cuenta para la selección del material.	48
Figura 17. Distribución, lavado y organización del PVC.	49
Figura 18. Cantidad de PVC residual de las obras visitadas de MARVAL S.A.	50
Figura 19. Proporción en porcentaje de las cantidades de PVC sobrante.	51
Figura 20. Corte y preparación de probetas para ensayos mecánicos.	53
Figura 21. Posición de las probetas según el eje con respecto a la dirección de la carga.	54
Figura 22. (1) Probetas para compresión diámetro 1---(2) Probetas para compresión diámetro 2.	54

Figura 23. Máquina MCM universal de ensayos / ensayo a compresión “eje perpendicular”.	55
Figura 24. Ensayo a compresión “eje paralelo”.	59
Figura 25. Elementos utilizados en fontanería para conexiones entre tubería de PVC.	63
Figura 26. Conexión de cuatro salidas para uso mobiliario.	64
Figura 27. Codo ajustable de rango angular para uso mobiliario.	65
Figura 28. Conexión dual para aumento de longitud de secciones de tubería de PVC.	66
Figura 29. Abrazadera para ramificación de tubería de PVC sanitaria.	67
Figura 30. Esquema metodológico para el diseño del sistema de unión entre tubos de PVC.	68
Figura 31. Combinaciones de unión.	69
Figura 32. Posibilidades que aprueban el filtro.	70
Figura 33. Alternativa 1. Sistema de unión de agarre.	71
Figura 34. Alternativa 2. Sistema de unión tapa con pasadores.	72
Figura 35. Alternativa 3. Sistema de unión estructura molecular.	73
Figura 36. Alternativa 4. Sistema de unión ejes perpendiculares.	74
Figura 37. Alternativa 5. Sistema de unión codo.	75
Figura 38. Alternativa 6. Sistema de unión lámina lateral.	76
Figura 39. Alternativa 7. Sistema de unión de apilamiento mediante láminas.	77
Figura 40. Refinamiento del concepto 7.	79
Figura 41. Desmaterización de la pieza.	80
Figura 42. Proceso de creación modelo funcional del concepto 7.	82
Figura 43. Ensamble del sistema Unión-tubería.	82
Figura 44. Retículas de composición formadas por el módulo.	83
Figura 45. Aplicación de cargas al ensamblaje: Elemento de unión-Tubería.	83
Figura 46. Modelo funcional concepto 2: elaboración y ensamble.	84
Figura 47. Composiciones geométricas posibles con el elemento de unión.	84
Figura 48. Esfuerzo cortante en la unión pasador.	85

Figura 49. Fuerza para el cálculo de esfuerzo cortante en la unión pasador.	85
Figura 50. Detalles técnicos concepto 7.	88
Figura 51. Detalles técnicos concepto 2.	88
Figura 52. Planos técnicos unión módulo triangular.	89
Figura 53. Planos técnicos unión pasador.	90
Figura 54. Modelo funcional unión: módulo triangular.	91
Figura 55. Proceso de elaboración del molde para la unión pasador.	91
Figura 56. Molde y Prototipo unión: pasador.	92
Figura 57. Comedor hecho con tubos de PVC.	93
Figura 58. Muebles en PVC reciclado.	94
Figura 59. Silla hecha con tubos y uniones de PVC.	94
Figura 60. Zonas comunes.	95
Figura 61. Visita de Campo Conjunto Residencial “El Olimpo” (izquierda), “Mediterrané” (derecha)-Floridablanca. (Proyecto terminado).	96
Figura 62. Conjunto Residencial “El Olimpo”.	97
Figura 63. Conjunto Residencial "Mediterrané".	97
Figura 64. Mobiliario urbano para exteriores.	100
Figura 65. Mobiliario urbano en fibra de vidrio.	100
Figura 66. Mobiliario urbano en metal.	101
Figura 67. Mobiliario urbano orgánico.	101
Figura 68. Mobiliario urbano en hormigón.	101
Figura 69. Bocetación de ideas de mobiliario en papel.	108
Figura 70. Concepto 1. Banca geométrica.	109
Figura 71. Concepto 2. Banca de perfil metálico.	110
Figura 72. Concepto 3. Banca curva.	111
Figura 73. Concepto 4. Banca en madera.	112
Figura 74. Concepto 5. Banca temática.	114
Figura 75. Matriz de selección de concepto.	116
Figura 76. Proceso de elaboración del modelo funcional-Concepto 1 geométrico	117

Figura 77. Modelo funcional -concepto geométrico.	118
Figura 78. Proceso de elaboración del modelo funcional del concepto 3 curvo.	119
Figura 79. Modelo funcional concepto curvo.	119
Figura 80. Prueba ergonómica de conceptos.	120
Figura 81. Propiedades de los materiales en SolidWorks.	122
Figura 82. Análisis de Tensiones Von Mises. Concepto geométrico.	123
Figura 83. Análisis de desplazamiento. Concepto geométrico.	124
Figura 84. Análisis de deformaciones unitarias. Concepto geométrico.	124
Figura 85. Factor de seguridad. Concepto geométrico.	125
Figura 86. Análisis de tensiones Von Mises. Concepto curvo.	126
Figura 87. Análisis de desplazamiento. Concepto curvo.	126
Figura 88. Análisis de deformaciones unitarias. Concepto curvo.	127
Figura 89. Factor de seguridad. Concepto curvo.	127
Figura 90. Aceptación prueba ergonómica.	128
Figura 91. Vista explosionada concepto geométrico.	130
Figura 92. Vista explosionada concepto curvo.	131
Figura 93. Proceso de manufactura para elementos de mobiliario.	134
Figura 94. Proceso de manufactura para la tubería de PVC.	135
Figura 95. Diagrama proceso de manufactura del asiento.	136
Figura 96. Esquema de ensamble inicial- Concepto geométrico.	136
Figura 97. Esquema de ensamble inicial-Concepto curvo.	136
Figura 98. Ejemplo del ensamble final del concepto curvo.	137
Figura 99. Detalle del anclaje- Concepto geométrico.	138
Figura 100. Detalle del anclaje- Concepto curvo.	138
Figura 101. Imagen del producto.	140
Figura 102. Paleta de color y escala de grises del isologotipo.	141
Figura 103. Proceso de corte de tubería.	142
Figura 104. Modelo funcional curvo.	143
Figura 105. Modelo funcional geométrico.	144
Figura 106. Mobiliario rombo.	145

Figura 107. Mobiliario Cadena.	146
Figura 108. Portada catálogo de productos.	146

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Conteo tubería por mes.....	158
Anexo B. Gráficas resumen de ensayos a compresión diámetro 1 y 2.....	160
Anexo C. Encuesta – necesidades del cliente.	161
Anexo D. Encuesta Prueba de concepto.	164
Anexo E. Planos técnicos, piezas de mobiliario.....	166
Anexo F. Catálogo de productos.....	171
Anexo G. Aceptación por parte de MARVAL S.A.....	174

RESUMEN

Título: LÍNEA DE PRODUCTOS ELABORADOS MEDIANTE TUBERÍA DE PVC Y CPVC RESIDUAL PARA IMPLEMENTACIÓN EN SERVICIOS COMUNALES DE LOS PROYECTOS EJECUTADOS POR LA CONSTRUCTORA MARVAL S.A. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Autor: JOHN JEFFERSSON SILVA ROMÁN
DIEGO FERNANDO GARAVITO NAVAS**

Palabras Claves: Reutilización, residuo, PVC, mobiliario urbano.

Descripción:

Este proyecto busca aprovechar la tubería de PVC sobrante que surge en el proceso de construcción de los nuevos proyectos de obras civiles, mediante la aplicación del diseño industrial, e innovar en productos de tipo mobiliario urbano que puedan ser implementados en zonas comunes de conjuntos residenciales y elaborados con la tecnología local de la región. Se pretende aprovechar las excelentes propiedades mecánicas de la tubería de PVC y transformar un material que se desecha, en productos de tipo industrial que brinden la oportunidad a este de tener una utilidad posconsumo y un segundo ciclo de vida útil; y así incentivar de forma indirecta el diseño sostenible y conciencia ambiental en el desarrollo de proyectos futuros.

Para llevarlo a cabo, se desarrolló en cinco fases: la información, el estudio del material con el cual se determinaron las propiedades mecánicas, creación enfocada en un esquema metodológico propuesto por Karl T. Ulrich y Steven Eppinger para el desarrollo de productos, la realización y finalización del proyecto con una línea de productos que muestra la versatilidad en la creación de propuestas de diseño.

Los resultados obtenidos fueron positivos y son el producto del análisis de la información y la interpretación de la misma. Los elementos de mobiliario urbano tuvieron una gran aceptación por parte de los usuarios y se logró cumplir con el aprovechamiento del material sobrante mediante el diseño de una línea de productos que muestran las diferentes posibilidades de diseños que se pueden implementar.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto Mg. DI. German A. Díaz Ramírez

Abstract

Title: LINE OF PRODUCTS MADE BY PVC AND CPVC PIPE RESIDUAL FOR IMPLEMENTATION IN COMMUNITY SERVICE PROJECTS EXECUTED BY THE BUILDER MARVAL SA DESIGN AND CONSTRUCTION*

Authors: JOHN JEFFERSSON SILVA ROMÁN
DIEGO FERNANDO GARAVITO NAVAS**

Keywords: Reuse, waste, PVC, street furniture.

Description

This project seeks to exploit the remaining PVC pipe that arises in the process of building new civil works projects through the application of industrial design, and innovate type of street furniture products that can be implemented in common areas of residential complexes and made with local technology in the region. It aims to exploit the excellent mechanical properties of PVC pipe and transform a material that is discarded in industrial products that provide the opportunity for this to have a post-consumer utility and a second cycle of life; and thus indirectly encourage sustainable design and environmental awareness in the development of future projects.

To carry out, was developed in five phases: information, study the material with which the mechanical properties, creating focused on a methodological scheme proposed by Karl T. Ulrich and Steven Eppinger for product development were determined, conducting and completion of the project with a product line that shows the versatility in creating design proposals.

The results were positive and are the result of data analysis and interpretation of the same. The street furniture had great acceptance by users and managed to meet the utilization of surplus equipment by designing a product line that show the different possibilities of designs that can be implemented.

* Research Work.

** Faculty of Physical and Mechanical. School of Industrial Design. Project Director. Mg. DI. German A. Díaz Ramírez

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una tendencia hacia el desarrollo de un diseño responsable y el aprovechamiento de materiales posterior al consumo, para ello se realizan esfuerzos de implementación de nuevas gestiones para fomentar el diseño sostenible y autorregulación ambiental por parte de empresas, que buscan racionalizar el uso de recursos naturales, optimizar los procesos de producción, mejorar la disposición de residuos y tratar de reducir el impacto ambiental generado por las actividades del desarrollo industrial. La reutilización de tubería de PVC sobrante, producto del proceso de corte en la instalación de tubosistemas en las diferentes etapas de nuevos proyectos de construcción civil, es el eje central de este proyecto. Esta iniciativa se plantea a raíz de la preocupación del departamento ambiental en empresas de construcción, respecto del desperdicio y disposición final de la tubería de PVC y CPVC generada en el proceso de construcción.

Tomando en cuenta que reutilización se define como *utilizar algo, bien con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines*¹. La tubería de PVC residual se plantea como material principal para la generación de nuevos productos de tipo mobiliario urbano, en base a la retroalimentación del diseño industrial como disciplina cuyos enfoques residen en el desarrollo y la elaboración de productos.

El proyecto se caracteriza por la investigación y recopilación de información referente al destino final de la tubería de PVC, estudio de las propiedades del material para el uso óptimo dentro de una actividad o contexto, la consulta a la población con el fin de conocer su punto de vista frente al uso de productos que fomentan el diseño concebido bajo criterios de sostenibilidad y finalmente la generación de alternativas de nuevas propuestas de mobiliario urbano. El

¹ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA. Definición de reutilización [en línea] <http://lema.rae.es/drae/srv/search?key=reutilizar> [Citado 21 de Abril de 2015].

desarrollo del proceso metodológico se realizó en cinco etapas: información, estudio, creación, realización y finalización, tomando como referente la metodología propuesta por Karl T. Ulrich y Steven Eppinger en su libro “Diseño y Desarrollo de productos” como base de apoyo para el desarrollo de un producto como alternativa de solución.

Durante el desarrollo del proyecto se contempló la posibilidad de generar una solución viable, económica en costos y de manufactura local, aprovechando la industria del sector como contribuyente directo y evitando la generación de residuos que amenacen el medio ambiente. En este orden de ideas, se diseñó un sistema de unión entre tubería de PVC para lograr una estandarización de procesos y componentes por producto, enfocado a una producción industrial considerando la posibilidad de buscar un espacio en el mercado.

En la búsqueda de la solución se propuso el diseño de bancas sin espaldar, en el cual se hace el uso de tubería de PVC, caracterizado por su seguridad y el ensamble efectivo entre componentes, y de esta manera al usarse como un producto destinado al público, actúa como mecanismo de contribución indirecta por parte de las personas que lo usan, haciendo un llamado a las entidades hacia la implementación de este tipo de productos, con el fin de contribuir a la preservación de un ambiente sostenible.

Se espera que éste proyecto sea una puerta para la exploración de nuevas aplicaciones e impulsa una iniciativa con el objetivo de considerar el potencial de materiales residuales, mediante el desarrollo de productos de tipo industrial que brinden la posibilidad de un segundo ciclo de vida fundamentado en sus propiedades; con el fin de utilizarlas como punto clave en la configuración de propuestas de diseño que puedan llegar a ser industrialmente aplicables.

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO

Línea de productos elaborados mediante tubería de PVC y CPVC residual para implementación en servicios comunales de los proyectos ejecutados por la constructora MARVAL S.A. Diseño y construcción.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El sector de la construcción avanza rápidamente en nuestro país debido a la alta demanda de proyectos de obras civiles. En el primer trimestre de 2013, el sector de la construcción creció 16.9% anual. Lo anterior obedece al crecimiento del PIB de edificaciones del orden del 16.0% y a la variación positiva en el PIB de obras civiles de 17.5%, según CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción)². Dicho incremento en los proyectos de construcción es directamente proporcional al uso de materiales, que a su vez generan mayor cantidad de residuos sólidos.

En consecuencia, el tratamiento de residuos de tubería de PVC y CPVC es una responsabilidad de los ejecutores de obras civiles. Para lograrlo, en países como Brasil y España, se utilizan procesos entre los que se encuentra el reciclado mecánico, químico, y por disolventes o vinyloop. En Santander, debido a los costos de implementación y el consumo energético que conllevan dichos procesos, la tubería de PVC residual finaliza su ciclo de vida como relleno de terrenos, representado en un 5% dentro de la categoría de plásticos que conforman los residuos de construcción.

² CAMACOL. Estadística del crecimiento de la construcción en Colombia [en línea]. camacol.co/sites/default/files/secciones.../IAE_Mayo%202013%20.pdf. [Citado 10 Agosto 2014].

Figura 1. Disposición de tubería de PVC correspondiente a un proyecto en curso, para envío a escombrera.



Por otra parte, en la creación de nuevos proyectos de obras civiles se hace necesario el diseño de espacios conocidos como zonas comunes, las cuales son áreas que pertenecen conjuntamente a los residentes de un condominio o subdivisión, cuyo propósito es el uso común, social o recreativo; éstos lugares cuentan con productos de tipo mobiliario, iluminación, ecológico, entre otros. Estos productos comúnmente son elaborados en diferentes materiales dependiendo de la función a cumplir; en su mayoría son productos nuevos, donde la materia prima y elementos parten desde su inicio de ciclo de vida, sin ser el resultado de un proceso de reciclado o reutilización en la etapa de producción.

Mediante la aplicación del diseño Industrial, se pretende innovar en la creación de productos de tipo mobiliario urbano elaborados a partir de tubería de PVC residual aprovechando sus propiedades, y características geométricas, en lo posible sin mayor modificación mecánica; para tener un lugar dentro de las zonas comunes complementando el propósito social y recreativo de éstas. De esta manera se brinda principalmente, la oportunidad de un segundo ciclo de vida al material residual, que a su vez contribuye en cierta medida al desarrollo sostenible y disminuir el deterioro ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir elementos de tipo mobiliario urbano a partir de tubería PVC residual generada en el proceso de construcción de obras civiles, para destinar e implementar en zonas comunes de proyectos de construcción.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de la tubería de PVC residual ante cargas de compresión mediante ensayos mecánicos de laboratorio.
- Proponer un sistema para la unión de secciones de tubería de PVC, definido bajo requerimientos de diseño.
- Diseñar elementos de tipo mobiliario urbano mediante el ensamble entre tubería de PVC residual y el sistema de unión propuesto, para integrar en un área específica de las zonas comunes.
- Evaluar propiedades de resistencia mecánica del ensamble (tubería y sistema de unión) mediante simulación en CAD (Computer-Aided Design) y modelos de prueba.
- Elaborar dos modelos funcionales de la línea, para la comprobación de conceptos de diseño.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 RCD-RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Son aquellos residuos provenientes de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Están compuestos generalmente por: concreto, ladrillos tejas y materiales cerámicos, madera, vidrio y plástico, mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados, metales (incluidas sus aleaciones), tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenajes, materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto, materiales a base de yeso.

3.1.1 Panorama Nacional. Los RCD son el producto del desarrollo de una obra, su volumen de generación depende del tipo de construcción o demolición y de los materiales de la estructura.

En Colombia la disposición de RCD, está establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial, pero también depende de la existencia de recursos y subsidios para el servicio de limpieza, y de sitios para su disposición, especialmente en localidades pequeñas y áreas rurales. De acuerdo a principios de la Constitución Política, se expide legislación para el manejo, transporte y disposición final de RDC. En Bogotá, D.C., el Decreto 357 de 1997, regula esta materia.³

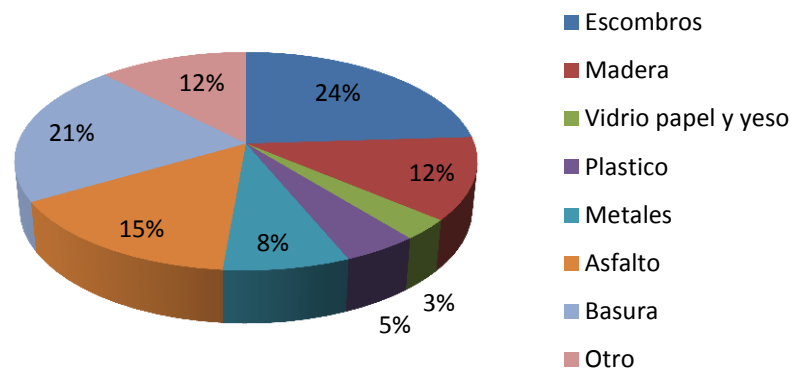
La ley 1259 de 2008, instauró el comparendo ambiental para los infractores; por su parte la resolución 541 de 1994, dispone que los escombros que emiten partículas al ambiente deben estar cubiertas en su totalidad y almacenados en espacios cerrados.

³ GUARÍN, N. Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción demolición en Brasil y Colombia. Bogotá: Universidad Nueva Granada, s.f. [en línea]. <http://www.umng.edu.co/documents> [Citado 18 Agosto de 2014].

Políticas para el manejo integral de residuos sólidos y aprovechamiento de escombros, están contemplados en el Plan Nacional de Desarrollo y estrategias de cooperación internacional 2012-2014. A pesar de esta legislación, en muchos casos se hace omisión de lo dispuesto, perjudicando el entorno y aumentando el número de escombreras ilegales.

3.1.2 Porcentaje de materiales que varían en los RCD. Ya mencionados los tipos de materiales referentes a los RCD es pertinente saber que varían en sus cantidades, siendo los escombros los de mayor presencia. Aunque en cada obra de construcción hay variantes, como por ejemplo el capital de inversión, el tipo de edificación, sector de ubicación, entre otros, el promedio de residuos se ven representados mediante porcentajes según el tipo de material.

Figura 2. Porcentaje de materiales que componen los RCD. (Guarín Cortés, Montenegro Roa, Walteros Galarza, & Reyes Gómez, 2012)



3.2 IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR DE LOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA

El impacto ambiental generado en los procesos de producción de materias primas en el sector de los plásticos se da en un bajo porcentaje, debido a la no utilización de combustibles fósiles, poca demanda de agua, bajo consumo de energía eléctrica y la facilidad en el reciclaje de residuos sólidos industriales. Así pues, en

cuanto a los residuos plásticos generados por la industria local, el impacto ambiental ocurre por la eliminación de dichos residuos en tiraderos o escombreras las cuales sencillamente destinan ese material como relleno; práctica que se lleva a cabo en la mayor parte del territorio Colombiano.

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial

“Esta práctica se ha favorecido por: la falta de aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos; falta de coordinación interinstitucional del tema; falta de recursos financieros por parte de los municipios; énfasis en la determinación de los costos de recolección y transporte de forma que la tarifa de aseo no involucra los costos reales de un sistema de eliminación, tratamiento o disposición final; falta de empresas de aseo consolidadas que ofrezcan alternativas en el manejo de los residuos sólidos (las empresas establecidas ofrecen las tradicionales fases de recolección, transporte y disposición final, únicamente), entre otras, todo lo cual origina un desconocimiento a nivel municipal de la existencia de tecnologías alternas para el manejo de los residuos sólidos.”⁴

Desde 1997 Colombia ha implementado medidas para poner en regla el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos, como son la Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos; el Decreto 1713 de 2002; la Resolución 1045 de 2003 y otras que promueven una separación mayor y eficiente de los diferentes residuos sólidos, la creación de centros de acopio y de actividades que promuevan un mejor entendimiento de la situación ambiental y de recuperación de material residual. En el caso de los plásticos, la situación en nuestro país, con el transcurrir de los años, no ha presentado muchos cambios, en relación a otros materiales. La amplia variedad de los plásticos que mueven los mercados existentes, implican el principal problema para la selección y posterior tratamiento.

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sector Plásticos- Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Bogotá: Guías Ambientales, Julio de 2004, p.17-18 [en línea]. http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf [citado 14 Agosto de 2014].

En consecuencia, empresas, instituciones y ACOPLASTICOS* han promovido diferentes campañas de sensibilización, capacitación y manejo de los residuos plásticos aprovechables que se traducen en casos exitosos, pero de carácter aislado. El objetivo de estas campañas es generalizar el concepto de que los residuos plásticos domiciliarios o urbanos, de pos-consumo o pos-industria, deben dejar de ser tratados como basura y manejarse mediante alternativas diferentes a la disposición final en los rellenos sanitarios.

3.2.1 Consumo de plásticos y generación de residuos plásticos urbanos. La industria de los plásticos genera una amplia gama de productos de consumo, los cuales varían en sus características según la función a desempeñar en el entorno. Dadas las aplicaciones y características, la vida útil de estos productos puede variar de largo plazo (6 años, algunos 50 años o más); mediano plazo (1 a 6 años) y otros de corto plazo (15 días a 1 año), según de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Tabla 1. Vida útil- aplicaciones de los plásticos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

VIDA UTIL EN ALGUNAS APLICACIONES DE LOS PLASTICOS	
Tuberías de PVC en construcciones	Vida de la vivienda
Tuberías de PVC en infraestructura	Hasta 50 años
Cajas de polipropileno para herramientas	10 a 15 años
Cajas de polietileno de alta densidad para bebidas	5 a 7 años, en promedio
Películas de invernadero de polietileno	2 a 3 años
Envases para productos de higiene y aseo	1 a 2 años
Bolsas plásticas de polietileno	Menor de 1 año
Envases PET	Menos de 6 meses o más de 1 año si son retornables

* Fundada en 1961, es una entidad gremial colombiana, sin ánimo de lucro que reúne y representa a las empresas de las cadenas productivas químicas que incluyen las industrias del plástico y sus relacionadas.

3.3 MARCO JURÍDICO NACIONAL

La Constitución Nacional ubica en un lugar importante la protección del medio ambiente; mediante la aplicación de leyes y normativas, el Gobierno establece decretos y reglamentaciones en pro del cuidado del mismo.

3.3.1 Política de producción más limpia. Es una iniciativa que busca a largo plazo la inclusión de la dimensión ambiental en todos los ámbitos del sector productivo, con el fin de prevenir y reducir los impactos que dicho sector puede traer para los seres humanos y el medio ambiente, fomentando así el respeto por la protección del medio ambiente, el crecimiento en la economía y el bienestar social. Las premisas en las que se basa la política de una producción más limpia son: uso más eficiente de la energía; reducir agentes contaminantes; mitigar el impacto ambiental que se produce al ser humano y al entorno; innovar en tecnologías más limpias; aprovechamiento de materiales residuales; disminuir el consumo de recursos naturales y materias primas.

Así mismo, esta política puede aplicarse a los procesos productivos, en lo que respecta a las materias primas, energía y agua se enfoca hacia un ahorro y uso responsable; se busca también eliminar las emisiones tóxicas que el proceso pueda generar. En los productos se involucra la reducción de los impactos en el ciclo de vida de los mismos, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.⁵

3.3.2 Política de gestión integral de residuos sólidos. El Gobierno Nacional, con el fin de aprovechar las instituciones y sus capacidades, ha puesto en marcha un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, definido en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el fin de:

⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Op. cit., p. 21.

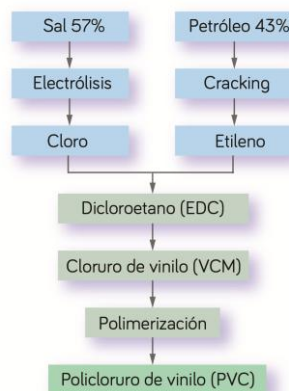
- Reducir el volumen de residuos sólidos
- Aumentar el aprovechamiento y consumo de residuos generados, hasta donde sea ambientalmente tolerable y económicamente viable.
- Mejorar las políticas de manejo integral de residuos sólidos.
- Tomar conciencia de la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer el sistema de gestión de los mismos.

En lo que al sector privado corresponde, la aplicación de esta política hace referencia a la minimización de residuos, mediante el desarrollo de prácticas ambientales dependiendo de cada sector productivo.⁶

3.4 PVC (POLICLORURO DE VINILO)

Polímero que se obtiene de la mezcla de cloruro de sodio (NaCl), en un 57% de composición y de petróleo o gas natural en un 43%, razón por la cual no depende tanto su obtención de recursos no renovables, como sí ocurre con otros plásticos. Físicamente es un polvo blanco, amorfo y opaco.

Figura 3. Tecnología de los plásticos. (Mariano, 2012)

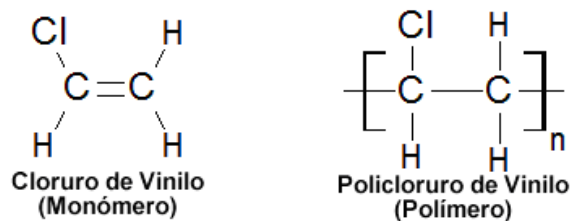


⁶ Ibíd.

3.4.1 Policloruro de vinilo rígido (Rigid Polyvinyl Chloride, RPVC). Está caracterizado por una buena resistencia mecánica y química. El homopolímero posee tres unidades repetidas del monómero: cloruro de vinilo.

El copolímero, tiene unidades repetidas de VCM (vinyl chloride monomer) y de otro monómero como el acetato de vinilo, etileno, maleato, propileno, etc.

Figura 4. Molécula del cloruro y policloruro de vinilo



Existen tres técnicas separadas y distintas para obtener vinilo rígido, vinilo flexible y plastisol. Los aditivos que se usan en cada una pueden ser diferentes o se pueden usar para fines distintos. Por ejemplo, en cada una, el sistema de lubricación utiliza diferentes tipos y cantidades de materiales. En el PVC rígido, el sistema de lubricación puede tener dos partes por cada cien partes de resina, y estar compuesto por cera, un polietileno oxidado y un estearato metálico.

3.4.2 Aditivos para plásticos de PVC rígido

Tabla 2. Aditivos para plásticos de PVC rígido. (Irvin, 2008)

Tipo de aditivo	Función
Estabilizador	Inhibir degradación
Auxiliar en el proceso	Mejorar resistencia de la masa fundida, alargamiento por calor, brillo, fusión
Modificador de impacto	Mejorar resistencia al impacto
Lubricante	Mejorar propiedades de flujo y procesamiento
Relleno o carga	Reducir costos
Espumante	Producir estructura celular
Colorante	Impartir color
Absorbedor UV	Proteger contra la luz UV
Agentes de antibloqueo y deslizamiento	Reducir la fricción
Refuerzo	Aumentar la resistencia

3.4.3 Descripción. El PVC es un polímero amorfo, poco cristalino; contiene de 0.4 a 1.1 ramificaciones por cada 100 átomos de la cadena. Su temperatura de transición vítrea es de 176° Fahrenheit (80° C). Su temperatura de fusión depende del peso molecular y temperatura de polimerización.

Generalmente las resinas comerciales de PVC se degradan a temperaturas moderadas, pero el uso de estabilizadores térmicos que inhiben la degradación ha permitido procesar este material.

3.4.4 Descripción de propiedades. Los compuestos de PVC rígido contienen 90 de resina. El uso de aditivos se da para resolver problemas de procesamiento o lograr propiedades deseadas en el producto.

Las propiedades del PVC, dependen del peso molecular, a mayor peso son mejores las propiedades físicas, pero más difícil será su procesamiento.

El peso molecular de las resinas de PVC, se indica a través de la viscosidad; inherente, intrínseca y específica, se mide por el valor K (en Europa) y valor P (en Japón).

Un PVC rígido, procesado en diferentes condiciones, puede tener propiedades físicas muy diferentes. Propiedades físicas óptimas se obtienen cuando el producto es fundido y ha alcanzado una mezcla intermolecular completa.

3.4.5 Propiedades térmicas. Las resinas comerciales de PVC, tienen una temperatura de transición vítrea (T_g) de aproximadamente 178° Fahrenheit (81° C), por encima de la T_g , el polímero es suave y flexible. Los mejores resultados se lograron cuando la resina y los aditivos, se mezclan a temperaturas más altas que la T_g , incrementándose su vida útil.

3.4.6 Propiedades mecánicas. Las propiedades de un PVC, dependen del aditivo que se agregue. La valoración de la resistencia al impacto de un PVC rígido, varía entre 0,4 y 22 pres-Lb/pulg, dependiendo de si contiene o no un modificador de impacto y de su cantidad.

Las propiedades mecánicas, se pueden mejorar reforzándolo con fibra de vidrio. Algunas variedades de PVC rígido contiene hasta un 10% de fibra de vidrio, utilizándose en aplicaciones de bajo volumen como las válvulas medidoras.

3.4.7 Propiedades ópticas. Los plásticos de PVC rígidos poseen propiedades ópticas especiales. Se pueden fabricar productos transparentes u opacos, y cuando se exponen a la intemperie se les puede modificar para que tengan larga vida.

3.4.8 Propiedades ambientales. Generalmente el PVC rígido es usado cuando se requiere resistencia a ácidos y bases y al medio ambiente. Compuesto como éteres, cetonas e hidrocarburos clorados atacan el PVC rígido, lo deforman y lo disuelven.

La producción de PVC y sus procesos, está restringida por entidades ecológicas como EPA, OSHA, NIOSH, así como las FDS.

3.4.9 Propiedades del PVC rígido (datos)

Tabla 3. Datos técnicos del PVC rígido (Industrias JQ, 2013)

POLICLORURO DE VINILO RIGIDO (NO PLASTIFICADO)				PVC – U
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.45
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	550 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	170 / 300
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	700
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	> 20
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	31000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	80 – 83
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		--
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MALA
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.28
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-15 a 60
TEMP. DE FUSION	°C			150
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00011
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.22

Continuación Tabla 3

PROPIEDADES ELECTRICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	3.2 – 3.6
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 KHZ		D-150	53483	3.0 – 3.3
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	2.8 – 3.1
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	0.05 a 0.4
RESISTENCIA SUPERFICIAL	Ohm	D-257	53482	> 10 a la 13
RESISTENCIA VOLUMETRICA	Ohms-cm	D-257	53482	> 10 a la 15
RIGIDEZ DIELECTRICA	Kv/mm	D-149		12
PROPIEDADES QUIMICAS			OBSERVACIONES	
RESISTENCIA A HIDROCARBUROS		DEFICIENTE		
RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES A TEMP. AMBIENTE		MUY BUENA		
RESISTENCIA A ALCALIS DEBILES A TEMP. AMBIENTE		MUY BUENA		
RESISTENCIA A PROD. QUIMICOS DEFINIDOS		CONSULTAR		
EFECTO DE LOS RAYOS SOLARES		ALGO LO AFECTAN		
APROBADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS		SI		
COMPORTAMIENTO A LA COMBUSTION		ARDE CON DIFICULTAD		
PROPAGACION DE LLAMA		AUTO EXTINGUIBLE		
COMPORTAMIENTO AL QUEMARLO		SE ABLANDA Y DESCOMPONE		
COLOR DE LA LLAMA		AMBAR CON BORDE VERDE		
OLOR AL QUEMARLO		CLORO		

3.4.10 CPVC (chlorinated Polyvinyl Chloride). el policloruro de vinilo clorado es un termoplástico producido por una reacción de cloración de radicales libre del policloruro de vinilo (PVC) que suele ser iniciada mediante aplicación de energía térmica o UV. Es usado principalmente para el fluido de agua fría y caliente y algunos líquidos industriales.

El CPVC posee la mayoría de características y propiedades del PVC, su variación reside en la excelente resistencia a temperaturas, en comparación con el PVC puede soportar mayores temperaturas frente aguas corrosivas de 50 °c o hasta más, además la ductilidad, flexibilidad y resistencia a la compresión del CPVC es mayor.

Tabla 4 - Tabla comparativa de propiedades entre PVC y CPVC (Mariano, 2014)

Propiedad	PVC	CPVC
Propiedades físicas		
Densidad (g/cm ³)	1,41	1,56
Resistencia a la tracción (psi)	7500	80000
Dureza (Rockwell R)	115	120
Propiedades térmicas		
Coefficiente de expansión lineal (x10 ⁻⁵ in/in/°F)	6,1	3,4
Temperatura de distorsión térmica (°C)	80	103
Temperatura máxima de operación (°C)	60	93

3.5 RECICLADO DE PVC

Los rellenos sanitarios, no son el sitio más indicado para la disposición de plásticos u otros materiales, ya que no pueden ser reutilizados, esto puede ser debido a que en muchos países no se dispone de otros sitios.

El PVC, no afecta el relleno sanitario, es inerte y no se descompone, no genera cloro ni ácido clorhídrico ni tampoco monómero cloruro de vinilo. En algunos sitios se les utiliza para impedir que los líquidos contaminen aguas subterráneas.

El PVC, es un material reciclable. En la industria transformadora, se utiliza el material de PVC sobrante (Scrap), convirtiéndolo en materia prima. En las zonas urbanas se debe hacer una recolección selectiva mediante reciclaje.

3.5.1 Reciclaje mecánico. Se realiza a través de operaciones de trituración, lavado y clasificación para posterior utilización puede transformarse en granza, como materia prima para fabricar nuevos plásticos.

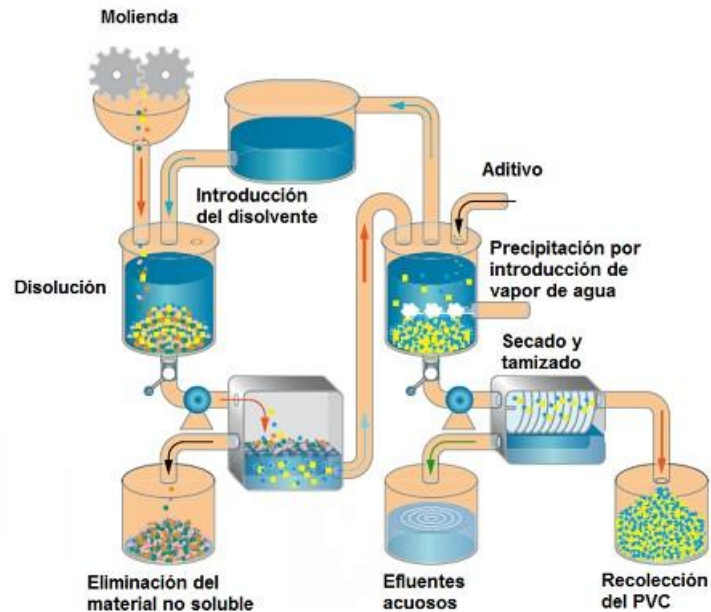
3.5.2 Reciclaje químico. Consiste en trastornos las largas cadenas del polímero, en hidrocarburos de cadena ligera para su posterior aprovechamiento. El calor

actúa en la transformación a través de los procesos de pirolisis, gasificación, alcoholisis e hidrogenación.

3.5.3 Reciclaje por disolventes (Vinyloop). Es el único método actual de reciclaje que permite recuperar el PVC de estructuras compuestas, aislándolo de otros materiales como fibras de poliéster, tejidos naturales, metales, caucho, poleofinas y otros. Sin embargo, es una tecnología que requiere alta inversión económica y control.

El procesado consta de una disolución del compuesto de PVC, con disolvente, luego se filtra y separa el PVC, posteriormente se lleva a ebullición para eliminar el disolvente. Una característica importante del proceso Vinyloop, es que el PVC es muy soluble en determinados disolventes, y no se producen efluentes.

Figura 5. Reciclado del PVC (Vinyloop) (Mariano, 2012)



El plástico recuperado, puede utilizarse para producir muebles de jardín, perfiles de ventanas, calandrado (films para contenedores de líquido y embalaje) o inyectado, en carcasas para teléfonos móviles y juguetes.

3.6 TUBERÍA DE PVC

El uso del PVC se hace evidente en el diario vivir, tanto así que su uso se ha extendido, en la fabricación de ventanas, recubrimientos de cables, persianas, enchufes, láminas de impermeabilización, etc. La mayoría de productos que se elaboran en este material están destinados al sector de la construcción, especialmente se produce tubería y accesorios (codos, uniones, derivaciones, etc.), la cual es utilizada en edificaciones que se construyen a diario en el sector urbano; sus propiedades mecánicas y químicas hacen que este material se considere el ideal para conducir las redes eléctricas, de ventilación y de desagüe. El siguiente cuadro presenta las principales aplicaciones del PVC y el porcentaje de su uso global. Dichas aplicaciones se caracteriza por la variedad de rangos en

cuanto a sus ciclos de vida, los cuales van desde varios meses hasta más de 50 años en algunos productos de construcción. Las principales aplicaciones del PVC se encuentran en el sector de la construcción, cuyo porcentaje representa el 57% de todos los usos y en el que los productos también cuentan con los ciclos de vida media más largos.

Tabla 5. Aplicaciones del PVC (Comisión de las naciones europeas, 2000)

USO/APLICACIÓN	PORCENTAJE	CILO DE VIDA EN AÑOS
Construcción	57	10 a 50
Envasado	9	1
Muebles	1	17
Otras aplicaciones domésticas	18	11
Electricidad / Electrónica	7	21
Automoción	7	12
Otros	8	2 a 10

3.6.1 Propiedades de la Tubería de PVC. Las paredes interiores de la tubería de PVC son lisas, para facilitar el flujo de los desechos, razón por la cual rara vez se tapan. Existen diferentes presentaciones de los diámetros de dichas tuberías, superiores a las elaboradas en otros materiales. Son inmunes a la acción galvanoplástica o electrolítica la cual destruye las tuberías metálicas, de acero galvanizado o de cobre. Por esta razón pueden colocarse bajo tierra, bajo agua o en contacto con metales. Las características de éste material impide la comunicación de olores o sabores. Son más livianas que otras tuberías en otros materiales, lo cual permite una manipulación más fácil, además de su transporte y almacenamiento e instalación. Los accesorios para las tuberías se adaptan perfectamente y se ajustan con facilidad mediante el uso de soldadura líquida, esto hace que el proceso de instalación sea menos complicado y las tareas puedan ser realizadas por casi cualquier persona.

3.6.2 Normativa. En Colombia existen diferentes empresas dedicadas al desarrollo de productos en PVC para el sector de la construcción. Por ejemplo:

PAVCO es una empresa líder en la fabricación y comercialización de sistemas de tuberías, conexiones y otros productos plásticos. Con más de 50 años de experiencia, la actividad comercial de Pavco es apoyada por una amplia red de Mayoristas y Centros de Distribución en todo el país.

Los Tubosistemas PVC Presión PAVCO son fabricados bajo las normas NTC 382, Tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) clasificados según la Presión (serie RDE), NTC 1339 Accesorios de (Poli Cloruro de Vinilo) (PVC) Schedule 40 y NTC 576 para la soldadura⁷. Se estima que una vida útil de 50 años.⁸

3.6.3 Presentaciones de la tubería de PVC. Es común encontrar en el mercado diferentes tipos de tubería, las dimensiones de los diámetros varían de acuerdo a la necesidad del usuario y la función a cumplir. La siguiente ilustración se aprecia las presentaciones en las cuales se encuentra comercialmente la tubería de PVC. Los fabricantes establecen sus portafolios de productos según las necesidades o la demanda en el mercado, sin embargo, las empresas someten sus productos a una estandarización según la normativa.

⁷ PAVCO COLOMBIA. Manual Técnico de Tubosistemas [en línea]. [http: Downloads/MANUAL%20PRESION%20BAJA.pdf](http://Downloads/MANUAL%20PRESION%20BAJA.pdf) [Citado 10 de Septiembre de 2014].

⁸ PAVCO-COLOMBIA. Quiénes somos [en línea]. <http://www.pavco.com.co/4/quienes-somos/3/i/268#a3> [Citado 12 de Septiembre de 2014].

Figura 6. Presentaciones comerciales de la tubería de PVC. (Pavco Colombia, 2014)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Exterior Promedio		Diámetro Interior Promedio	Espesor de Pared Mínimo		Peso
	mm	pulg.	mm	mm	pulg.	kg/m
1 1/2	48.26	1.90	42.68	2.79	0.11	0.64
2	60.32	2.37	54.48	2.92	0.11	0.84
3	82.56	3.25	76.20	3.18	0.12	1.27
4	114.30	4.50	107.70	3.30	0.13	1.84
6	168.28	6.62	160.04	4.12	0.16	3.41

Tuberías Sanitarias y Aguas Lluvias

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Exterior Promedio		Diámetro Interior Promedio	Espesor de Pared Mínimo		Peso
	mm	pulg.	mm	mm	pulg.	kg/m
1 1/2	48.26	1.90	45.22	1.52	0.06	0.36
2	60.32	2.37	56.76	1.78	0.07	0.53
3	82.56	3.25	79.00	1.78	0.07	0.73
4	114.30	4.50	110.08	2.11	0.08	1.20

Tuberías Ventilación

3.7 MOBILIARIO URBANO

Si bien, se pueden encontrar diferentes definiciones para el mobiliario urbano, en su mayoría referentes a aspectos en común como la ciudad, urbanidad, espacios, elementos, algunas difieren en que no sólo son elementos decorativos, ya que fue la primera acepción que se le dio en sus inicios; con el paso del tiempo varios autores van redefiniendo el concepto, llevándolo a elementos que cumplen funciones más allá de la simple decoración.

Mobiliario urbano abarca toda la serie de objetos que forman parte del paisaje de una ciudad y están instalados en el espacio público: bancos, pasamanos, luminarias, cercas, pérgolas, paraderos, en general, elementos dispuestos con un propósito común al ciudadano: Servir⁹
Elementos urbanos son objetos que se utilizan y se integran en el paisaje urbano, y deben ser comprensibles por el ciudadano¹⁰

⁹ ROSAS, Ana. Construcción del Mobiliario Urbano a partir de escombros. S.f. [en línea]. <http://www.prezi.com/construccion> [Citado 12 Septiembre de 2014].

¹⁰ SERRA, Joseph. Elementos urbanos: Mobiliario y Microarquitectura. Madrid: Editorial Gustavo G.I., 1998, p. 6.

Dentro de los elementos urbanos se pueden encontrar: elementos de descanso (bancos, sillas, banquetas), de iluminación (farolas, columnas, apliques y focos), de comunicación (señalización, publicidad, información), de servicio público (aparcamientos de bicicletas, juegos infantiles) de limpieza (papeleras, contenedores).

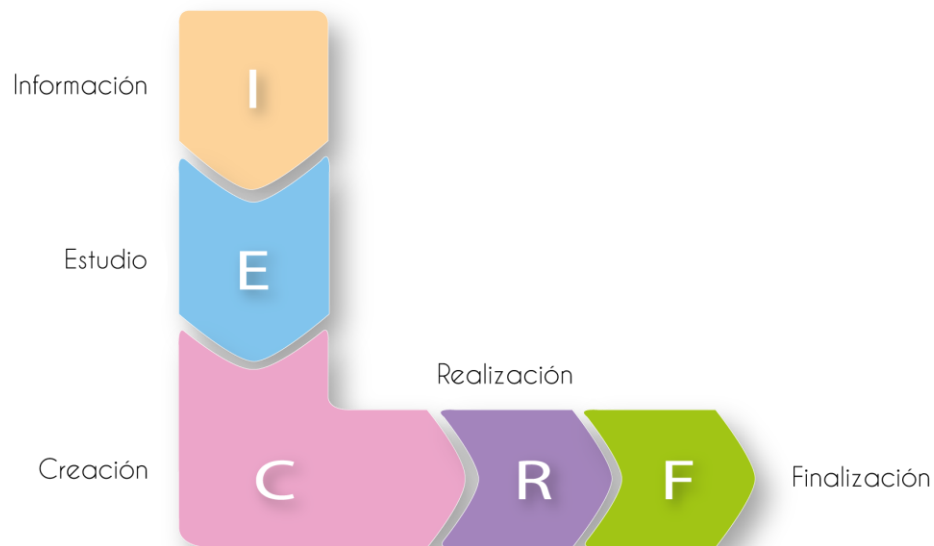
Figura 7. Mobiliario urbano (URBAN, 2015) (Obras Web, 2015)



4. METODOLOGÍA

El enfoque metodológico aplicado del proyecto se basa en la combinación de la metodología que proponen Karl T. Ulrich y Steven Eppinger en su libro “Diseño y Desarrollo de productos” y algunas de las pautas que presenta Richard Morris en su libro “Fundamentos de diseño de productos” para abordar el proyecto en las fases de creación y realización.

Figura 8. Esquema metodológico



El esquema propone dividir el problema en 5 etapas que se desarrollan en secuencia.

- Etapa Información: consiste en conocer el problema y en recopilar datos e información clave, que permitan establecer el punto de partida para el posterior desarrollo, esto incluye visitas de campo, registro fotográfico y recolección del material residual.

- Etapa Estudio: el objetivo de ésta fase es conocer el material que se ha seleccionado previamente con el fin de explorar las propiedades físico-mecánicas del PVC residual mediante ensayos mecánicos de laboratorio.
- Etapa Creación: comprende dos fases, el diseño de un sistema de unión y el diseño de productos de tipo mobiliario urbano.
- Etapa Realización: comprende la construcción de modelos de aspecto físico y funcional que permiten evaluar la aceptación del producto.
- Etapa Finalización: consiste en la realización de un catálogo de productos mediante la utilización de tubería de PVC residual que incluya la línea diseñada en la etapa de creación.

5. ETAPA 1: INFORMACIÓN

5.1 CONTEXTUALIZACIÓN

El desarrollo urbanístico de las ciudades, ha sido un fenómeno que ha tomado fuerza con el paso de los años, en la actualidad el sector de la construcción ha crecido notablemente, respecto a los años anteriores. La alta demanda de proyectos de construcción trae consigo el uso de materias primas necesarias en el proceso; la tubería de PVC es un material indispensable en los proyectos de vivienda debido a su gran utilidad para el transporte agua, ventilación y conexiones eléctricas dentro de una edificación.

La tubería de PVC forma parte de los Residuos de Construcción (RC) que a diario se generan en las obras civiles, debido a que en cada proyecto se implementa un sistema de tubería determinado, respecto a las longitudes estándar de la tubería que manejan los proveedores; en cada proyecto se realizan procesos de corte, para adecuar la tubería al sistema, dejando como resultado, retazos de la misma que se juntan con los demás materiales sobrantes en una construcción.

5.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Con el fin de conocer lo que ocurre actualmente con la tubería de PVC en el sector de la construcción, se realizaron visitas de campo a diferentes proyectos de vivienda en el área metropolitana de Bucaramanga y a las escombreras autorizadas por la Corporación Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), encargada del manejo de residuos sólidos en el sector.

5.2.1 Visitas de Campo a obras civiles

- La obra *Sendero de Miraflores (Ubicada en la Calle 17 con Carrera 4W-Piedecuesta)* es un proyecto que cuenta con 7 torres de apartamentos de 11

pisos. La tubería de PVC sobrante es ubicada en un tanque como se observa en la ilustración 7. Las cantidades varían cada semana según sea necesaria la instalación de los sistemas de tubería o la variación de actividades que indique el director de la obra.

Figura 9. Visita de campo-Proyecto: Sendero de Miraflores- Piedecuesta



- La obra *Paseo del Puente II* (Ubicada en Carrera 6 con calle 25, Paseo del Puente – *Piedecuesta*) es un conjunto abierto de viviendas con vías peatonales y vehiculares. Existe un espacio techado destinado a ubicar diferentes tipos de residuos, incluido el PVC. La forma como se dispone el material es agrupado en cajas de cartón según el tipo (tubería de instalación eléctrica, tubería para sistemas de ventilación y tubería sanitaria), cada categoría por separado.

Figura 10. Visita de campo-Proyecto: Paseo del Puente- Piedecuesta



- En la obra *Reserva de la Loma (Ubicada en Carrera 6 con calle 25 - Piedecuesta)*, se encuentra un punto de acopio especialmente destinado para la tubería de PVC y CPVC sobrante en la adecuación de los tubosistemas del proyecto en curso. Como se muestra en la figura 11. Se puede apreciar que el retal de PVC es organizado en cajas de cartón, tanques y costales, en forma aleatoria pero en una zona específica.

Figura 11. Visita de campo-Proyecto: La Loma - Piedecuesta



En cada una de las obras visitadas, las cantidades de material sobrante dependen de la magnitud del proyecto, del tiempo en que se realizan las instalaciones de los tubosistemas y de la duración del mismo. Estas actividades son determinadas por los directores de cada obra en construcción.

5.2.2 Generación de residuos en obras. Como se observa anteriormente, los proyectos de construcción demandan una gran cantidad de materia prima para su desarrollo; la tubería de PVC se hace indispensable en la estructura interna de una edificación ya que permite conformar los sistemas de desagüe, canalización, ventilación y conexiones eléctricas. Los proveedores de tubería de PVC ofrecen sus productos bajo dimensiones estándar, dependiendo de las especificaciones de cada fabricante, pero en cada nuevo proyecto, las redes que constituyen los tubosistemas poseen dimensiones específicas de acuerdo al diseño de la obra en construcción; por tal razón se deben realizar cortes a la tubería para que así junto

con los codos y demás uniones, pueda ajustarse a la estructura interna de la construcción, dejando así un gran número de tramos de diferentes longitudes, los cuales se disponen en un sector dentro de la obra, para posteriormente ser trasladados a la escombrera autorizada; como lo muestran las ilustraciones anteriores.

Es en esta etapa, en la que se acumulan los sobrantes de tubería que resultan de la instalación y se juntan con los demás residuos es donde se generan los RC.

5.2.3 Visitas a escombreras. Se realizaron visitas a las escombreras autorizadas por la CDBM (Corporación de defensa de la meseta de Bucaramanga) en el área metropolitana de Bucaramanga, para tener conocimiento acerca del manejo de residuos de construcción (RC). A diario en la escombrera rancho grande se reciben en promedio alrededor de 20 volquetas provenientes de las obras civiles lo cual representa un estimado de 200 toneladas de RC por día.

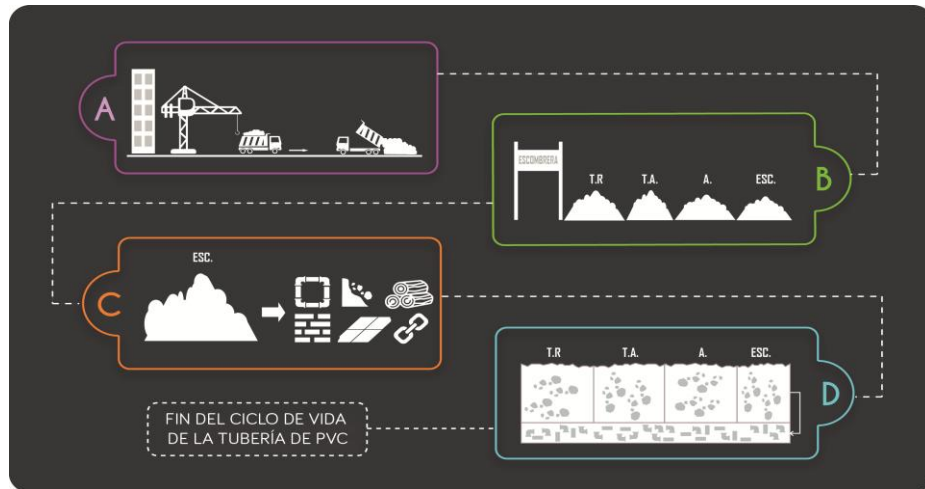
Los residuos de construcción están conformados por todos aquellos materiales que han sido utilizados en el proceso de construcción de una obra civil, los cuales se disponen conjuntamente con la finalidad de ser desechados o removidos de la obra en cuestión; cada obra que se realiza en nuestra ciudad genera RC que son trasladados a las escombreras autorizadas dependiendo del convenio con las empresas constructoras.

Figura 12. Visita a Escombrera Rancho Grande



La visita realizada a la Escombrera autorizada “Rancho Grande” (ahora OSSA Ingeniería), permitió obtener información de la situación actual en Bucaramanga y su área metropolitana respecto de los RC.

Figura 13. Proceso de tratamiento de residuos de construcción en la Escombrera



- FASE A: Los residuos generados por las obras civiles se disponen en volquetas para ser trasladados directamente a la escombrera autorizada por la CDMB.
- FASE B: Se reubican los escombros por categorías: tierras rojas, tierras amarillas, asfalto y un último grupo en el que se disponen los residuos de construcción.
- FASE C: Dentro de la categoría de escombros de construcción podemos hallar: PVC, loza, madera, piedras, ladrillo, plásticos y metales.
- FASE D: Los escombros son separados en una sección aparte; no se reutilizan y se disponen a ser enterrados posteriormente.

Conclusión: En los diferentes proyectos ejecutados por las constructoras, para el caso de MARVAL S.A. destinan un espacio para ubicar los RC (Principalmente compuestos por material cerámico, vidrio, piedras, plásticos, PVC, madera, metal, etc.); donde son recogidos para el posterior traslado mediante volquetas a las respectivas escombreras; una vez allí, se reubican los escombros con el fin de

separar y organizar los escombros y residuos de construcción. Los RC son poco considerados por la escombrera para reutilización o reciclado, hablando en términos económicos, se disponen para ser enterrados. Dentro de este grupo hallan los residuos de PVC.

5.2.4 Recolección y Almacenamiento. En cada obra de construcción se encuentra un punto de acopio para PVC, sus cantidades varían dependiendo la magnitud del proyecto, no hay cantidades cuantificadas ya que los tramos presentan diferentes longitudes, diámetros y espesores. Por lo tanto se realizaron apreciaciones de manera cualitativa mediante fotografías. Una vez en el punto de acopio se juntó el PVC pertinente a recoger descartando tramos según requerimientos, ya sea por longitud (inferiores a 10 cm) y material en mal estado, aquellos que presentaban algún tipo de material o mezcla adherida a la superficie abolladuras en la superficie o alteraciones en su geometría. Posteriormente se dispone el material residual para ser trasladado a una bodega para nuestro acceso; espacio en el cual se permitirá su organización, tratamiento y conteo. Allí se juntaron en grupos diversos con el objetivo de lograr una distribución adecuada que permitiera un fácil acceso y aprovechamiento del espacio.

Figura 14. Recolección, transporte y almacenamiento de Tubería de PVC residual



Figura 15. Selección, agrupación y distribución para almacenamiento en bodega del PVC



5.3 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DEL MATERIAL RECOGIDO

5.3.1 Selección del material. Se descartó el material en mal estado, aquella tubería de PVC que presentaba abolladuras, rajaduras o deformaciones que afectaran su condición geométrica, además de la tubería que presentaba rastros de concreto u otro material adherido a la superficie.

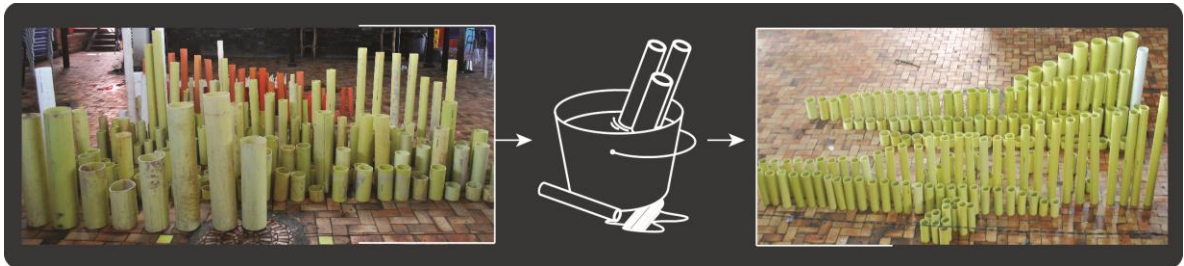
Figura 16. Criterios a tener en cuenta para la selección del material.



5.3.2 Organización del material. El material se dispone en la bodega para su respectivo tratamiento y conteo, para ello se agrupa la tubería en filas de tubos con igual diámetro, con el propósito de tener una mejor visualización. Posterior a esto se realiza un lavado conjunto, ya que estos presentan rastros de otros materiales como barro, grava, y demás suciedad presentada en la superficie; el mantenimiento se hace con el fin de lograr la superficie lisa característica del PVC

para aplicaciones superficiales en la etapa de diseño. Una vez lavado el material se procede al conteo y registro mediante tablas y gráficas para un mejor acceso de información, de tal manera se conoce una muestra promedio del material que se dispone, según longitud y diámetros.

Figura 17. Distribución, lavado y organización del PVC



5.3.3 Tablas para el análisis de la información. Para el procesamiento de la información mediante tablas, se realizaron tres jornadas de recolección de material residual en las obras mencionadas, una cada mes. Posterior a las etapas de distribución, lavado y organización, se procede al conteo y registro en tablas.

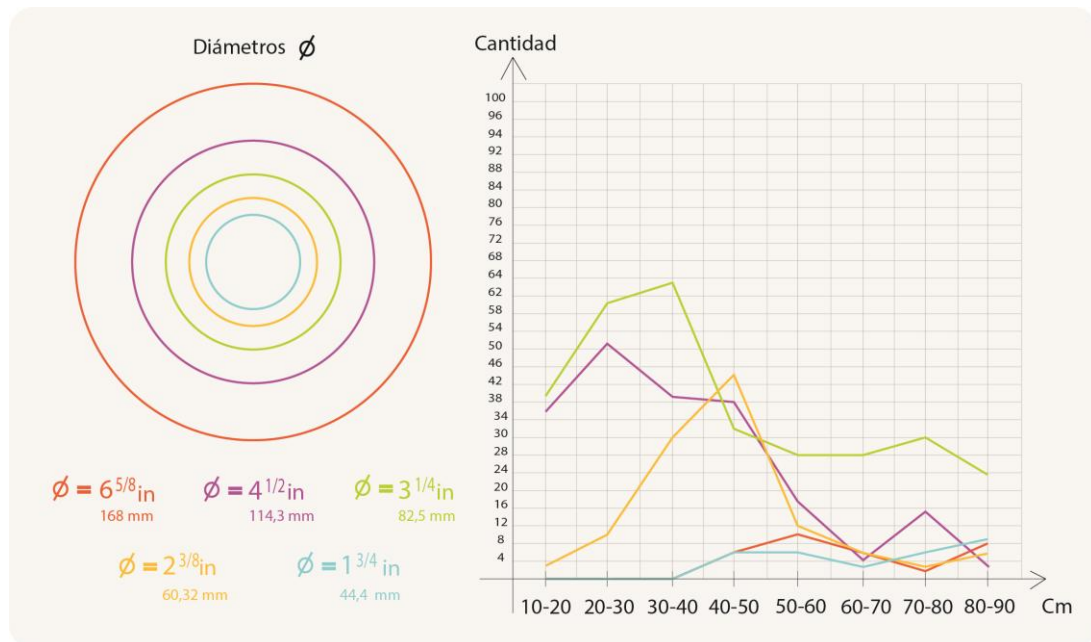
Se presentan tres tablas correspondientes a cada obra y (Ver Anexo A) y al material recogido de la misma, y una tabla final de resumen que muestra el material total, permitiendo conocer la cantidad de tubería de la cual se dispone y los respectivos diámetros.

Herramientas utilizadas: Calibrador pie de rey, flexómetro, bolígrafo, Hoja de cálculo.

La Tabla 5 presenta el número de tramos que existe por cada diámetro, y el rango de longitud en el cual se encuentran; tomando como mínimo una longitud de 10cm correspondiente al tramo más corto y un máximo correspondiente a la longitud del tramo más largo encontrado en la muestra.

En vista de la extensa variedad de longitudes por diámetro, se establecieron rangos que van de 10 en 10 cm para abarcar de manera estratégica y reducida las cantidades, permitiendo un número menor abscisas. Por ejemplo un tubo con longitud de 36 cm estará dentro del rango de 30 – 40 cm.

Figura 18. Cantidad de PVC residual de las obras visitadas de MARVAL S.A.



5.3.4 Análisis. Los resultados obtenidos suministran datos exactos de las cantidades que se pueden tener en cuenta para la fase de diseño. De la cantidad total de PVC recogida y seleccionada, las proporciones se distribuyen de la siguiente manera:

Figura 19. Proporción en porcentaje de las cantidades de PVC sobrante.



Conclusiones etapa información

- La tubería de 3 y 4 pulgadas (nominal) se presenta en mayor cantidad. Se utilizará para realizar los ensayos mecánicos de laboratorio a estas dos muestras.
- La tubería de CPVC se encuentra en cantidades mínimas y diámetros inferiores a 2 pulgadas, por lo tanto no se tendrá en cuenta para este proyecto, ya que no es viable para lograr los alcances planteados.

6. ETAPA 2: ESTUDIO

6.1 ESTUDIO DEL MATERIAL

El aprovechamiento del material residual reside su potencial en dos importantes características: las propiedades del PVC rígido (excelentes propiedades mecánicas) y la geometría del elemento (tubería). De tal manera se decide aprovechar las propiedades de la tubería ante cargas de compresión para evitar realizar modificación a la integridad física de la misma, modificaciones tales como: triturado, termofusión u otros procesos comúnmente implementados en procesos de reciclado de plásticos.

El objetivo principal del estudio, se centra en conocer las propiedades mecánicas del material residual ante cargas a compresión. Cabe mencionar que los ensayos mecánicos se realizan ya que es un requerimiento que compone la función del producto final, el cual estará sujeto a cumplir resistencia ante cargas externas. Llevar a cabo las pruebas permitirá además, tomar decisiones para el diseño final, tales como distribución del material, resistencia máxima, capacidad, etc.

El desarrollo de las pruebas se ejecutó bajo el procedimiento y método planteado por las normas internacionales ASTM, para este caso se aplicó el método de ensayo ASTM D2412 para la compresión de tubería termoplástica rígida, con el eje perpendicular al eje de aplicación de la carga y el método de ensayo ASTM D695 para compresión de tubería termoplástica rígida, con el eje paralelo al eje de la aplicación de la carga. La selección de estos métodos se realizó dado su enfoque al material y geometría, ya que son pruebas destinadas principalmente para plástico rígido y secciones tubulares.

6.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras seleccionadas para el desarrollo de los ensayos corresponden a la tubería de la cual se obtuvo las mayores cantidades según la fase de información y se utilizaron dos diámetros diferentes con el fin de comparar el comportamiento del mismo material con diferentes tipos de geometría:

- Diámetro 1: *ASTM 3in (nominal); 82,56 mm (real).*
- Diámetro 2: *ASTM 4in (nominal); 114,30 mm (real).*

Según las normas ASTM utilizadas para los ensayos, la cantidad mínima de especímenes será de tres para cada prueba, los extremos de las muestras deben ser cortados a escuadra y pulidos para lograr bordes lisos y suavizados.

Herramientas utilizadas: sierra sinfín, torno, buril, escuadra, lija, calibrador, flexómetro, marcador, cinta.

Figura 20. Corte y preparación de probetas para ensayos mecánicos



6.2.1 Probeta para compresión “Eje perpendicular”. La muestra de ensayo consta de un tramo de tubería de PVC de $6\pm 1/8$ in. (150 ± 3 mm). La longitud de la muestra será la misma para los dos diámetros.

6.2.2 Probeta para compresión “Eje paralelo”. La muestra de ensayo consta de un tramo de tubería de PVC, cuya longitud es el doble de su ancho principal diámetro, es decir, la relación de esbeltez de la pieza será de 2:1, así pues:

- Diámetro 1: $165,1 \pm 3$ mm de altura.
- Diámetro 2: $228,6 \pm 3$ mm de altura.

No menos de tres muestras se elaborarán para cada diámetro.

Figura 21. Posición de las probetas según el eje con respecto a la dirección de la carga

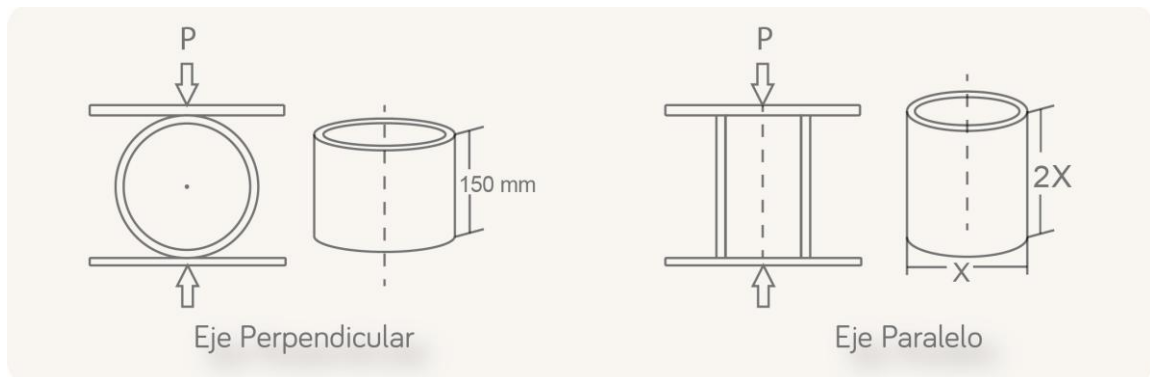


Figura 22. (1) Probetas para compresión diámetro 1---(2) Probetas para compresión diámetro 2



6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

6.3.1 Ensayo de compresión “Eje perpendicular”. El ensayo de compresión con eje normal a la carga, se realizó en el laboratorio de resistencia de materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander, haciendo uso de la máquina universal de ensayos MCM modelo WDW 20E Clase 1, con una carga máxima de hasta 2 toneladas.

Para este primer ensayo se ubicó la sección de tubería (probeta) con su eje longitudinal perpendicular a las placas de apoyo de la máquina universal de ensayos con una mínima fuerza hasta lograr el ajuste. La máquina comienza a ejercer una carga progresiva en función del tiempo a una velocidad constante de 12.5 ± 0.5 mm/seg.; el objetivo de la prueba consiste en llevar la muestra hasta una deflexión máxima del 30% del promedio del diámetro interior de la tubería de PVC y registrar en caso de presentarse, grietas, rajaduras o de laminaciones en el material.


Figura 23. Máquina MCM universal de ensayos / ensayo a compresión “eje perpendicular”






6.3.1.1 Resultados. Los resultados del ensayo de compresión “Eje perpendicular” se presentan de la siguiente manera:

- **Para el diámetro 1 (82,55mm).**

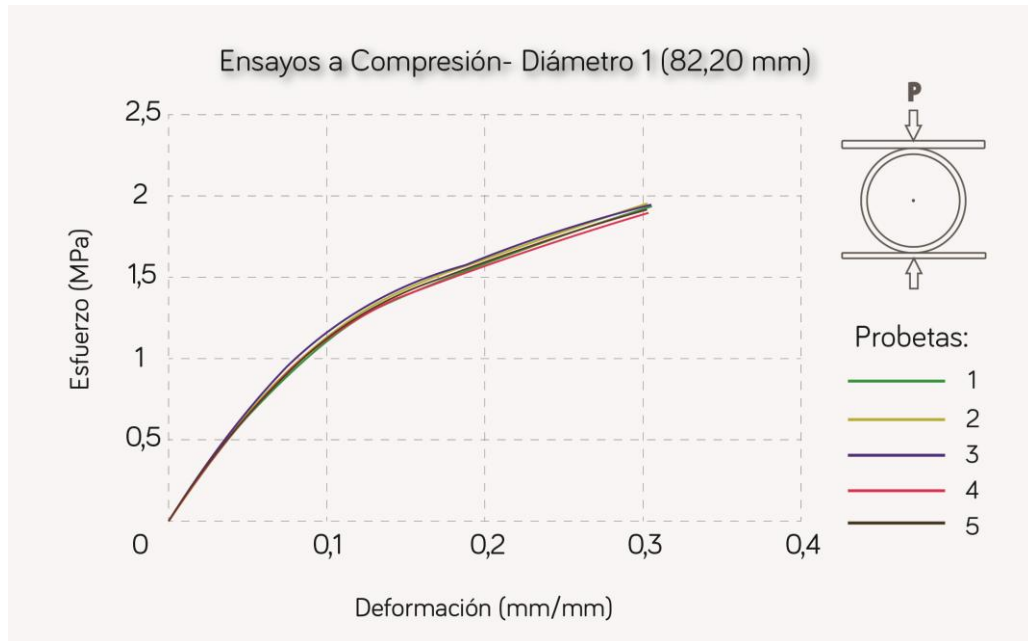
Tabla 6. Resultados compresión perpendicular 1

Diámetro 1						
Compresion Perpendicular	Probeta	KN Carga Max	mm Desplazamiento	MPa Esfuerzo max	mm/mm Deformación max	MPa Modulo de elasticidad
	1	1,892	24,9331	1,9111111	0,303322384	16,10131364
	2	1,884	24,9225	1,9030303	0,303193431	13,0289686
	3	1,892	24,9094	1,9111111	0,303034063	14,9936004
	4	1,836	24,9187	1,8545455	0,303147202	14,92547508
	5	1,86	24,8081	1,8787879	0,301801703	15,31120663

 1,8728 KN	 1,8917171 MPa	 16,00332
Carga Maxima Promedio	Esfuerzo Máximo Promedio	Modulo de Elasticidad Promedio

A continuación se presentan gráficamente los resultados del ensayo a compresión perpendicular para el diámetro 1.

Gráfico 1. Curvas resultados 1



Se puede apreciar la similitud en el comportamiento del material, debido a que las curvas para cada probeta presentan un crecimiento similar. El esfuerzo máximo soportado por el espécimen se ubica en el rango entre 1,87 y 1,91 MPa.

• **Para el diámetro 2 (114,80mm):**

Tabla 7. Resultados compresión perpendicular 2

Diámetro 2						
Compresión Perpendicular	Probeta	KN Carga Max	mm Desplazamiento	Mpa Esfuerzo Max	mm/mm Deformación Max	Mpa Modulo de Elasticidad
	1	1,252	34,4931	1,192381	0,300462544	9,644376531
	2	1,28	34,495	1,2190476	0,300479094	10,70927416
	3	1,284	34,4606	1,2228571	0,300179443	10,25016535
	4	1,312	34,4831	1,2495238	0,300375436	9,530174966
	5	1,368	34,4675	1,3028571	0,300239547	11,42259167

1,2992 KN

Carga Maxima Promedio

1,23733 MPa

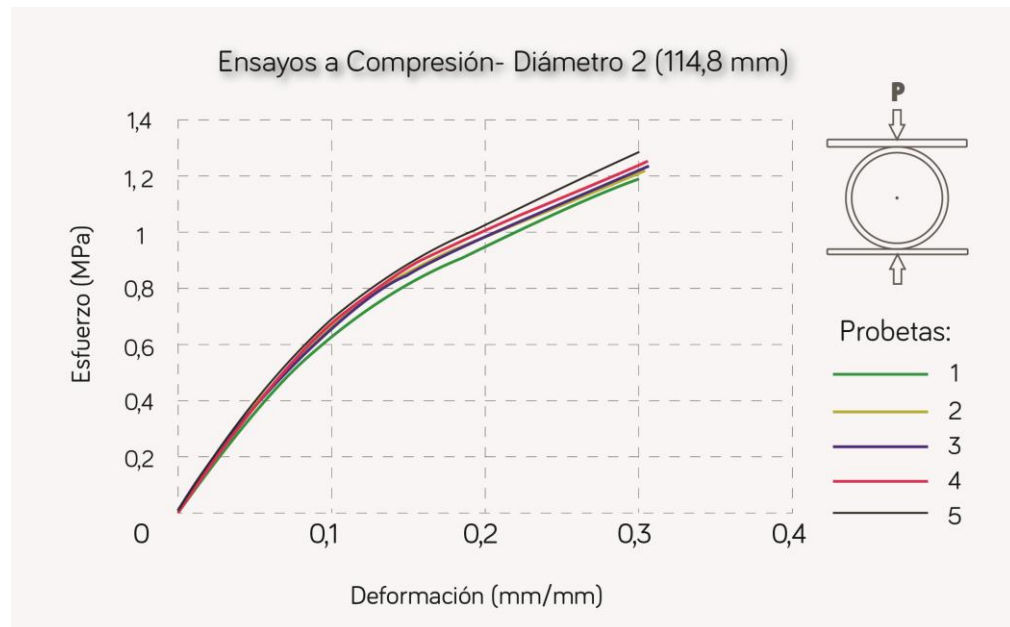
Esfuerzo Máximo Promedio

11,09426

Modulo de Elasticidad Promedio

A continuación se expresan gráficamente los resultados del ensayo a compresión perpendicular para el diámetro 2.

Gráfico 2. Curvas resultados 2



En este ensayo se observan curvas un poco más dispersas entre sí, que en el ensayo anterior, sin embargo presentan un comportamiento similar. El diámetro 2 es mayor que el diámetro 1, y aunque el comportamiento es similar, se puede apreciar que el esfuerzo máximo soportado por la muestra disminuye y se ubica en el rango entre 1,19 y 1,30 MPa.

6.3.2 Ensayo de compresión “Eje paralelo”. El ensayo de compresión con el eje paralelo a la carga, se realizó en el laboratorio de pruebas de la empresa Torres Ingeniería S.A.S., haciendo uso de la máquina universal de ensayos MTS Synergie 1000, con una carga máxima de hasta 10 toneladas.

Se ubicó la sección de tubería (probeta) con su eje longitudinal paralelo a las placas de apoyo de la máquina, aplicando una fuerza mínima hasta lograr el

ajuste, teniendo en cuenta la alineación entre el eje de la muestra y la línea central del émbolo, además de esto, se debe asegurar que los extremos de la muestra estén paralelos con la superficie de la herramienta de compresión, a continuación se acciona la máquina e inmediatamente el tren inferior comienza a subir ejerciendo una carga progresiva a una velocidad constante de 1.3 ± 3 mm/seg., hasta llegar a la deflexión buscada.

El objetivo de la prueba consiste en comprimir la pieza lo suficiente hasta obtener deformación o ruptura (en el caso de materiales relativamente dúctiles) registrando de manera conjunta la carga máxima soportada por el espécimen.


Figura 24. Ensayo a compresión “eje paralelo”



6.3.2.1 Resultados. Los resultados del ensayo de compresión “Eje paralelo” se expresan de la siguiente manera.

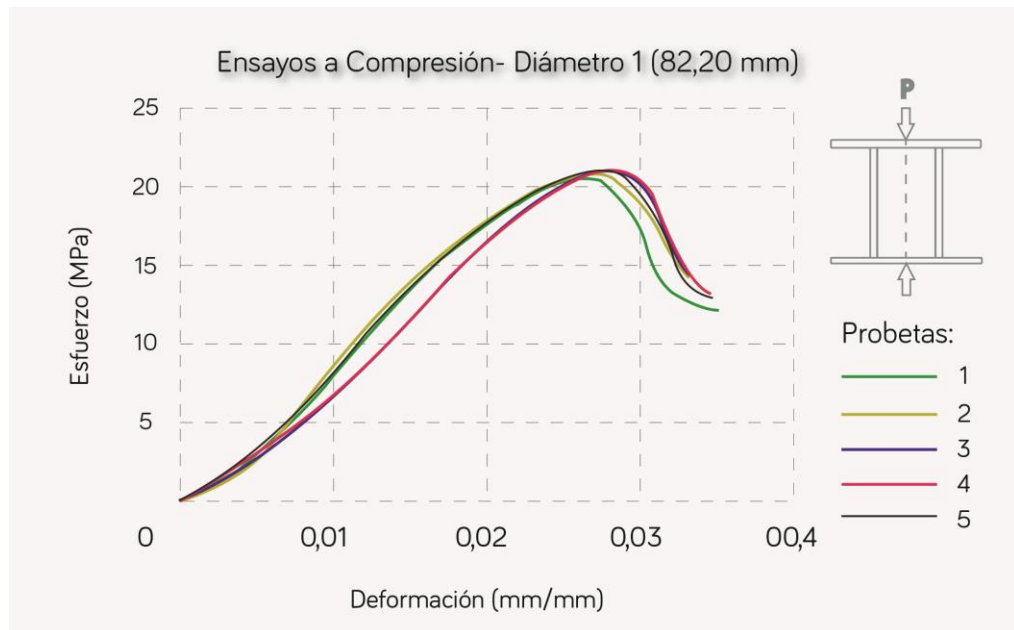
- Para el diámetro 1 (82,55mm):

Tabla 8. Resultados compresión paralela 1

Diámetro 1						
Compresión Paralela	Probeta	KN Carga Max	mm Desplazamiento	MPa Esfuerzo Max	mm/mm Deformación Max	MPa Modulo de Elasticidad
	1	33,56	4,3	20,5147	0,02615	919,3054497
	2	33,745	4,5	20,6277	0,02737	942,217896
	3	33,56	4,8	20,5146	0,02919	744,282871
	4	33,56	4,7	20,5146	0,02851	760,204346
	5	33,56	4,6	20,4992	0,02901	888,723713

33,597 KN	20,5341 MPa	943,1989
Carga Maxima Promedio	Esfuerzo Máximo Promedio	Modulo de Elasticidad Promedio

Gráfico 3. Curvas resultados 1




Se puede apreciar la similitud en el comportamiento del material, aunque la curva 4 se muestra un poco dispersa, alcanza un máximo coherente con las demás

curvas. El esfuerzo máximo soportado por el espécimen se ubica en el rango entre 20,49 y 20,62 MPa.

- **Para el diámetro 2 (114,80mm):**

Tabla 9. Resultados compresión paralela 2

Diámetro 2						
Compresion Paralela	Probeta	KN Carga Max	mm Desplazamiento	MPa esfuerzo max	mm/mm deformación max	MPa modulo de elasticidad
	1	55,973	6,6490145	22,9725	0,029085	978,3914
	2	53,015	6,2154875	21,7582	0,027186	970,0571
	3	51,869	6,187287	21,2883	0,020270	969,7416
	4	53,961	6,3005	21,7775	0,027565	945,5319
	5	51,869	6,18723	21,2883	0,027873	943,5756




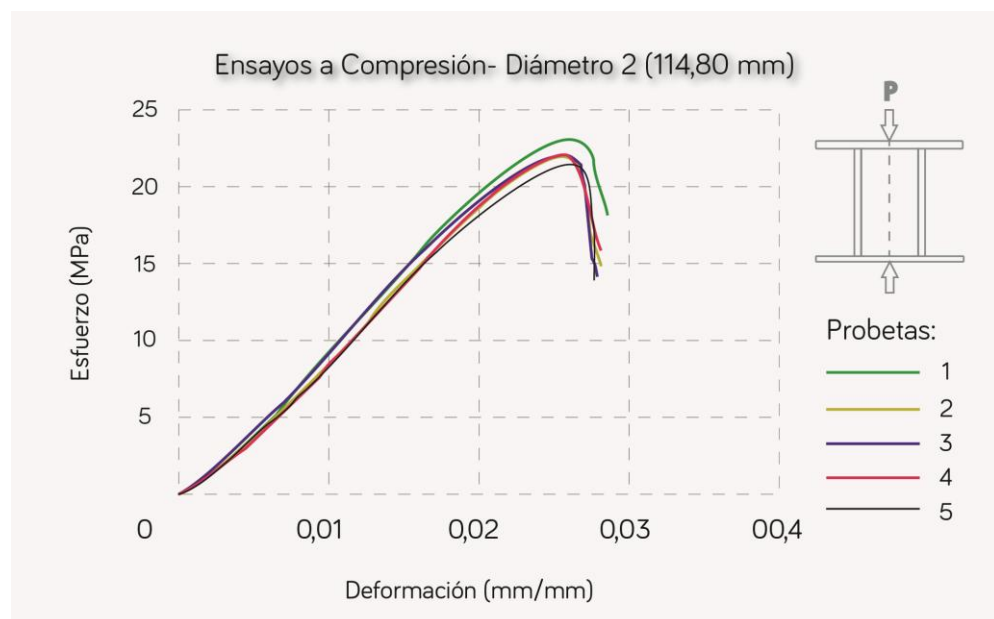
 53,337 KN	 21,8169 MPa	 977,2924
Carga Maxima Promedio	Esfuerzo Máximo Promedio	Modulo de Elasticidad Promedio

Gráfico 4. Curvas resultados 1



El comportamiento de las probetas es similar. El diámetro 2 es mayor que el diámetro 1, se puede apreciar que el esfuerzo máximo soportado por la muestra aumenta con relación al ensayo anterior y se ubica en el rango entre 1,19 y 1,30 MPa.

Conclusiones etapa de estudio

- Con el eje de la tubería perpendicular a la fuerza aplicada, al aumentar el diámetro va disminuyendo la resistencia, debido a que el espesor de pared de la tubería no aumenta de manera proporcional al diámetro para que se mantenga la dimensión.
- Al deformar la pieza de tubería hasta un 30% de la deflexión el material no presenta rupturas o rajaduras en su estructura.
- La tubería de PVC analizada (eje perpendicular), soporta cargas a compresión superiores a 1,3 KN (un solo tubo puede soportar un peso de 132,56 Kg).
- En contraste, ante cargas paralelas al eje de revolución, al aumentar el diámetro, la resistencia es mayor, debido a que el área de sección transversal se hace mayor al igual que la altura de la pieza.
- La tubería de PVC analizada (eje paralelo), soporta cargas a compresión superiores a 33 KN (un solo tubo puede soportar un peso de 3.365,06 Kg más de 3 toneladas).
- La mayor resistencia que ofrece este material ante cargas de compresión se obtiene utilizando el tubo con su eje de revolución paralelo a la fuerza aplicada.

7. ETAPA 3: CREACIÓN

7.1 DISEÑO DE SISTEMA DE UNIÓN ENTRE TUBOS DE PVC

7.1.1 Estado del arte. Consiste en la indagación de soluciones existentes en el mercado actual para la unión entre tubería de PVC, en diversas aplicaciones.

- Conexiones de PVC para fontanería.

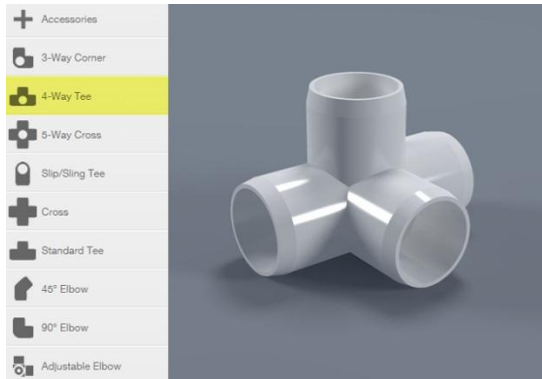
Figura 25. Elementos utilizados en fontanería para conexiones entre tubería de PVC (PAVCO Colombia.)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tubería y conexión rígida de PVC (poli-cloruro de vinilo) para conducción de fluidos y desechos sanitarios por gravedad. Acabado exterior e interior liso. Diámetros: 1 ½" a 8" (40 a 200 mm)	USOS: - Drenajes sanitarios en edificaciones residenciales, de interés social, comerciales e industriales - Sistemas de Ventilación - Descargas sanitarias y bajadas de agua pluvial.	- Económica y durable - Ligera y versátil, lo cual facilita su transporte e instalación	

- Conexión de PVC (Mobiliario.)

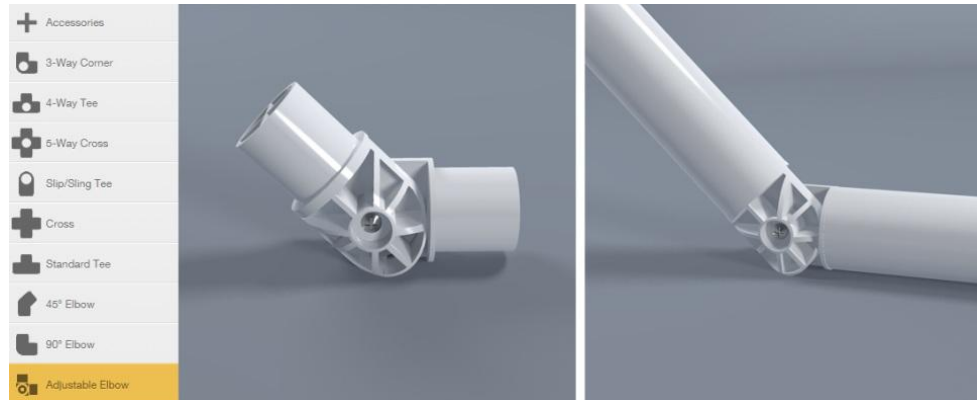
Figura 26. Conexión de cuatro salidas para uso mobiliario. (Formufit, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Este conector de PVC posee 4 salidas y es comúnmente usado para generar estructuras en PVC. Esta unión es compatible con tubería de PVC estándar de 1 pulgada. Protección UV-Resistente a la luz solar directa</p>	<p>Creación de mobiliario en PVC, compatible con PVC estándar, destinado para uso estructural, resistencia al impacto, superficie blanca brillante, conector de tubería de PVC de 1 pulgada: NO APTO PARA FONTANERÍA.</p>	<p>- Permite la unión para cruzar tubos en diferentes direcciones.</p>	<p>- Se debe complementar con otras uniones para cerrar una estructura.</p>

- Conexión-Codo ajustable.

Figura 27. Codo ajustable de rango angular para uso mobiliario. (Formufit, 2015)



DESCRIPCIÓN

Este codo de PVC tiene la posibilidad de ajustarse a un rango angular de 90° a 270° grados para cambiar o mover elementos de una estructura de PVC o para obtener ángulos que no son posibles con los codos estándar. Se adapta dentro de un tubo de 1-1/4”.

CARACTERÍSTICAS

- Ajusta 90°-270° grados para cualquier aplicación estructural.
- Zócalos de encaje interno de 1-1 / 4.
- Carcasa de acero inoxidable con tuerca de ajuste.
- Sólido, construcción Muebles en PVC.

VENTAJAS

- Angulo variable y ajustable.
- Permite la generación de estructuras con inclinación.
- Resistente.

DESVENTAJAS

- Une tramos estándar de un solo diámetro.
- No posee guía para indicar la angulación.

- Conexión de PVC (Mobiliario.)

Figura 28. Conexión dual para aumento de longitud de secciones de tubería de PVC. (Formufit, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Este acoplamiento une dos segmentos de 1/2 " de diámetro, internamente, dejando una superficie lisa, de color.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El diseño estriado encaja directamente en el interior de la tubería, por lo que no hay ajuste externo expuesto. - Conecta dos tubos de 1/2 " PVC, con sólo una pequeña costura restante. - Acabado de superficie brillante. • UV estabilizado para la retención del color al aire libre. 	<ul style="list-style-type: none"> -Permite juntar tramos diferentes para lograr longitudes mayores. -Permite la aplicación de material aditivo para aumentar el contacto entre el tubo y el acoplamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Une tramos de igual diámetro.

- Derivación de un tubo de PVC.

Figura 29. Abrazadera para ramificación de tubería de PVC sanitaria. (Hogarutil, 2015)



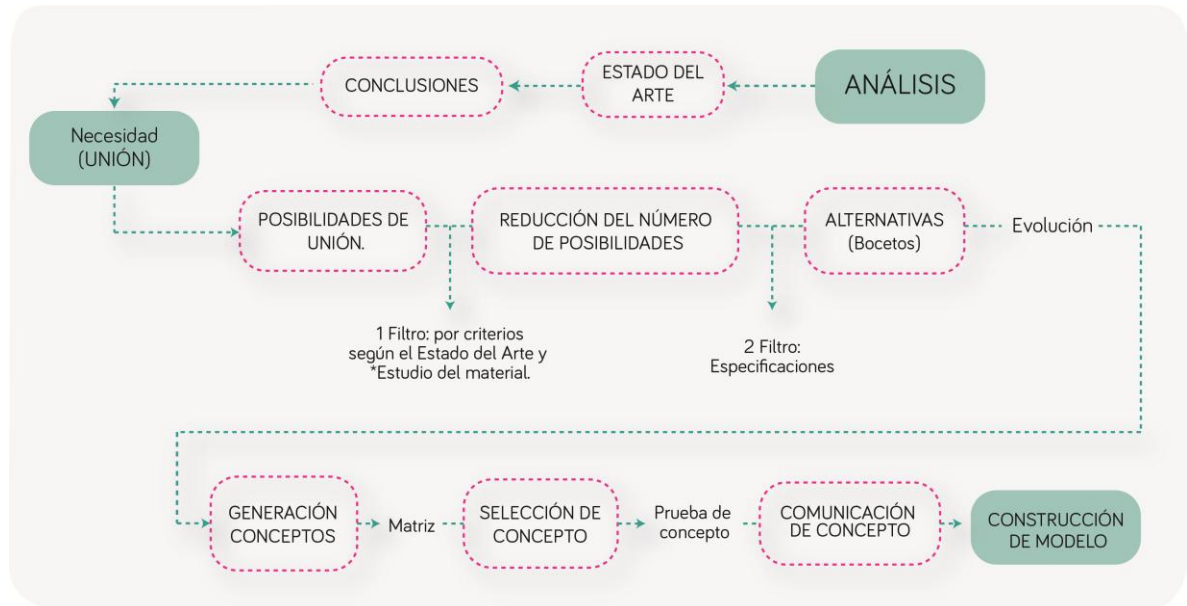
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Esta abrazadera del mismo material del tubo, sirve para realizar una derivación para dar un cambio de dirección al fluido sin necesidad de cortar la bajante</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Posee una estructura flexible que permite encajar en la superficie del tubo. -Es fácil de instalar. 	<ul style="list-style-type: none"> -Une tubos de diámetros diferentes (específicos). -Permite realizar una angulación entre los tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Hay que adicionar un codo a la estructura. -No permite generar estructuras complejas.

Conclusiones del Estado del Arte

- Existen conexiones de PVC utilizadas tanto en fontanería como en mobiliario.
- Todas las uniones necesitan de un material aditivo para lograr un mayor ajuste.
- En la creación de mobiliario, las conexiones consiguen unir tubos de igual diámetro y permiten extender la longitud de los mismos.
- En fontanería existen derivaciones cuya unión permite juntar tramos de PVC de diferentes diámetros, pero no forman estructuras complejas.
- Todas las conexiones para mobiliario en PVC unen tramos de diámetros inferiores a 2" (nominal).
- Es posible aumentar longitud mediante una conexión de dos salidas que permita la interacción de dos tramos de menor longitud.

7.1.2 Metodología Proyectual para el diseño del sistema de unión

Figura 30. Esquema metodológico para el diseño del sistema de unión entre tubos de PVC


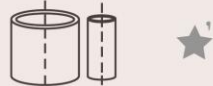
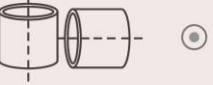
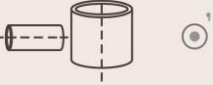
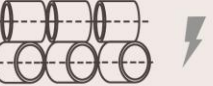
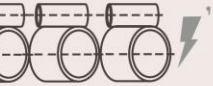


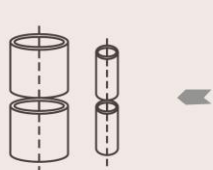
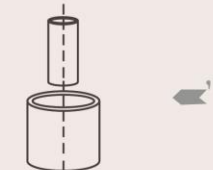












La revisión del estado del arte permitió conocer algunas de las diferentes soluciones que existen en el mercado actual para uniones entre tubos de PVC, utilizadas tanto en la industria de la construcción (en sistemas de tubería sanitaria, ventilación o uso eléctrico) como en el sector del mobiliario. Tales soluciones, permiten contemplar un punto de partida o una fuente de inspiración para la generación de conceptos que permitan configurar más adelante una idea realizable.

El paso a seguir, surge de la necesidad directa de diseñar un elemento que permita la interacción entre la tubería, para ello fue necesario explorar las diferentes posibilidades en las cuales se pueden relacionar entre si los tramos de tubería; estableciendo relaciones entre sus diámetros, longitudes, ejes, ángulos entre ejes, intersecciones y mediante el uso de elementos complementarios o

aditivos. La siguiente ilustración, agrupa un gran número de posibilidades divididas en dos grandes grupos con relación a los diámetros.

Figura 31. Combinaciones de unión.

POSIBLES COMBINACIONES PARA UNIR (Tramos cortos / Tramos Largos)		
	DIÁMETROS IGUALES $\emptyset=\emptyset$	DIÁMETROS DIFERENTES $\emptyset\neq\emptyset$
Ejes Paralelos		
Ejes Perpendiculares		
Ejes Combinados		
Ejes a Θ°		
Ejes Continuos		
Contacto Directo (Tangencial)		
Contacto Indirecto		
Intersecciones		
Mediante Aditivos (Pegamento)		
Mediante Herrajes		

Como primer filtrado para la generación de conceptos, se tienen en cuenta las conclusiones obtenidas en el estado del arte y en la fase: Estudio del Material, sumado a esto se establecen dos especificaciones objetivo que se caracterizan por la no contemplación de realidades y procesos de manufactura, pero que de igual modo nos permite descartar algunas de las posibilidades de unión mostradas anteriormente.

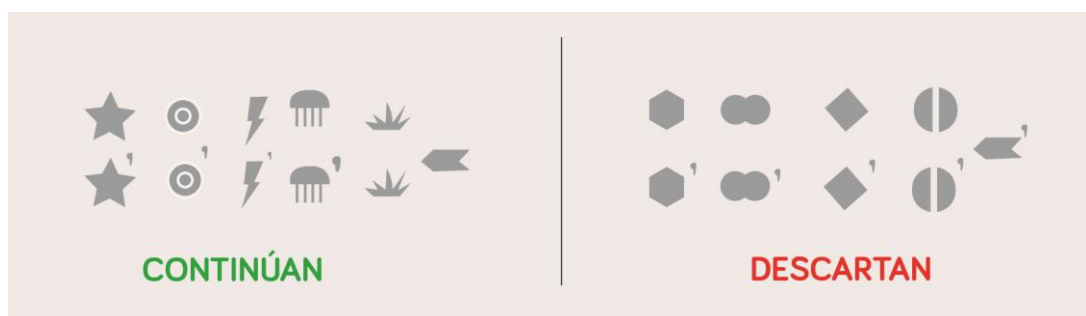
Especificaciones objetivo

- Resistencia a cargas de compresión.
- Volumen no superior al 30 % del volumen de los tubos que interactúan en la unión.

Esta primera especificación surge como conclusión de la Fase de estudio de material, la cual nos permitió conocer de forma clara la alta resistencia de la tubería ante cargas externas aplicadas a compresión, por lo tanto se pretende aprovechar dicha característica para la generación de elementos de tipo mobiliario urbano.

Así pues, se descartaron posibilidades de unión como las intersecciones y uniones angulares entre ejes. De igual modo se descartan herrajes y aditivos como uniones, ya que su función sería más óptima como elementos complementarios al ensamble en conjunto.

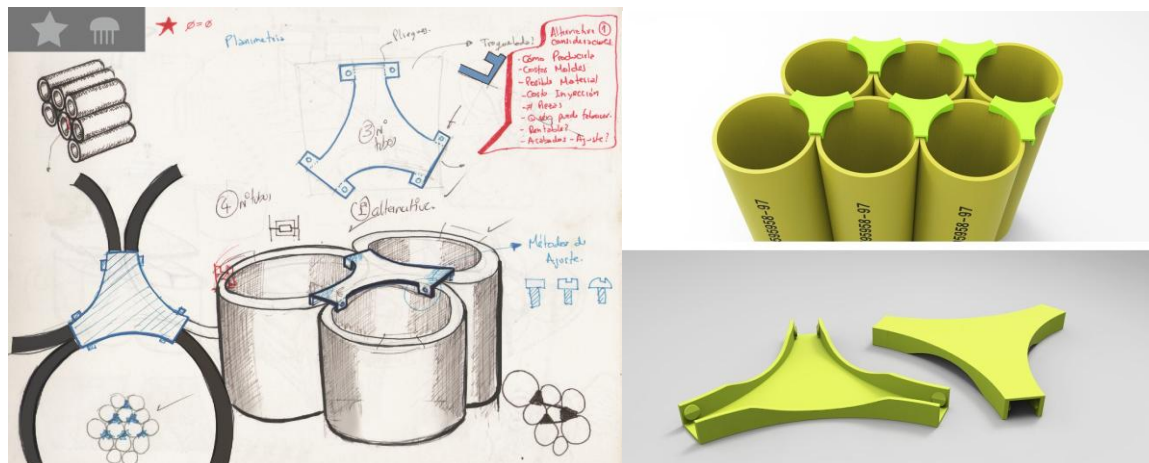
Figura 32. Posibilidades que aprueban el filtro.



7.1.3 Generación del concepto. Permite estructurar alternativas de diseño, utilizando los parámetros establecidos en las especificaciones objetivo y el resultado obtenido del análisis y descarte de las posibilidades antes mencionadas. El proceso inicia a partir de las posibilidades que continúan, es allí donde comenzamos a generar alternativas mediante el desarrollo de la exploración, generación de ideas, bocetación para evolucionar hasta llegar a los conceptos y configuración de alternativas formales.

7.1.4 Desarrollo conceptual

Figura 33. Alternativa 1. Sistema de unión de agarre.



Descripción: sistema de agarre. La pieza consta de seis pasadores, para la sujeción de dos tubos por cada extremo. Se propone en material polimérico elástico ya que necesita apertura para la inserción de los pasadores dentro del tubo; este último necesita mecanizado de perforación.

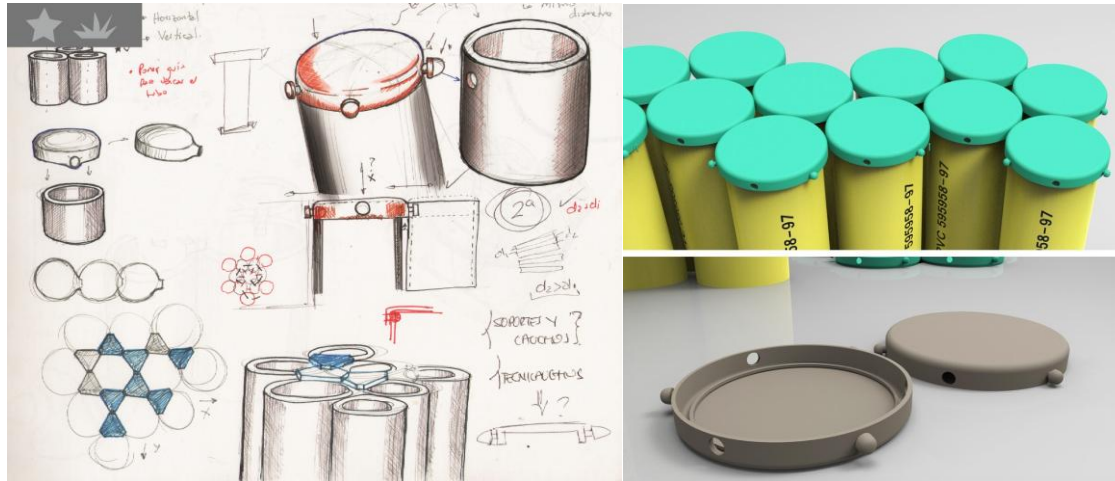
Numero de tubos por unión: 3

Volumen de la pieza: 22,85 centímetros cúbicos

Numero de pasos para ensamble: 3

Numero de diámetros: 1

Figura 34. Alternativa 2. Sistema de unión tapa con pasadores.



Descripción: sistema de tapas con pasadores salientes. En el borde de la tapa se ubican tres pasadores a 120° cada uno, de igual manera existen tres perforaciones a 120° respectivamente. El principio consta de insertar a presión los pasadores dentro de las perforaciones con el fin de juntar los tubos como se ilustra en la imagen. La punta en forma de flecha redondeada del pasador permite la fácil entrada y dificulta la salida del orificio, esto como un mecanismo de seguridad; para esto se propone un material elastómero, dada la necesidad de que sea flexible, para posibilitar la incrustación. Las tapas se deben ubicar en el extremo superior de los tubos.

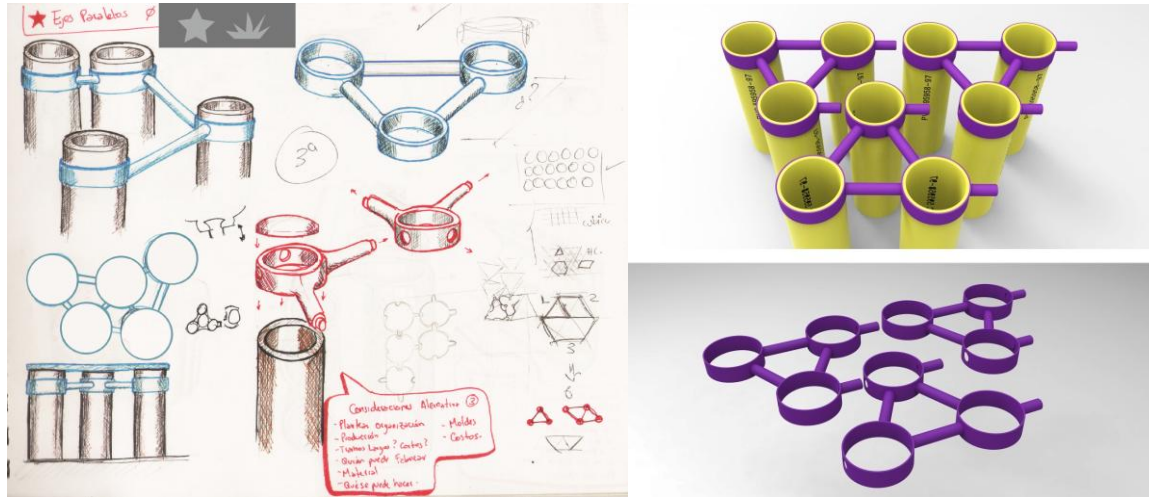
Numero de tubos por unión: 6

Volumen de la pieza: 169,85 centímetros cúbicos.

Numero de pasos para ensamble: 4

Numero de diámetros: 1

Figura 35. Alternativa 3. Sistema de unión estructura molecular.



Descripción: sistema de sujeción. Consiste en una pieza modular triangular que permite la sujeción de 3 tubos, no mantiene los tubos en contacto directo (tangencial), jugando de tal manera con la distribución de estos. La formación de composiciones estructurales mediante la unión entre piezas parte del principio de macho-hembra entre un pasador adicional que se inserta en el espesor del aro que rodea el tubo.

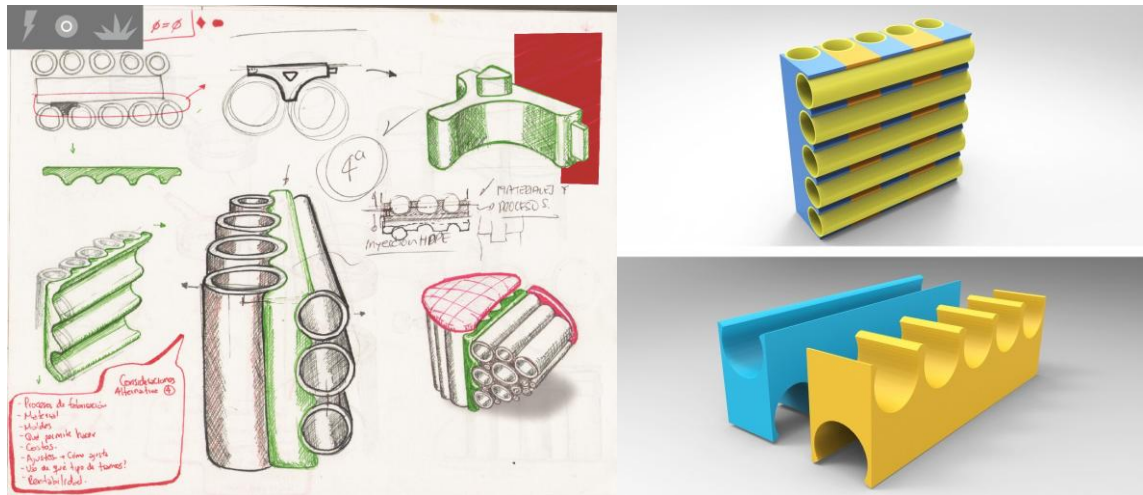
Numero de tubos por unión: 3

Volumen de la pieza:

Numero de pasos para ensamble: 4

Numero de diámetros: 1

Figura 36. Alternativa 4. Sistema de unión ejes perpendiculares.



Descripción: Sistema de unión de tubos con ejes perpendiculares. El diseño de la pieza de unión consta de dos caras: una que permite la inserción de un tubo en una dirección y la otra cara permite la inserción de cinco de tubos en posición perpendicular respecto al tubo de la cara opuesta. Las piezas se deben ensamblar de manera lateral y frontal para permitir estructuras de mayor volumen. Es un sistema que permite la creación de paneles o plataformas con alta resistencia a cargas, para esto se plantea en un polipropileno o polietileno de alta densidad.

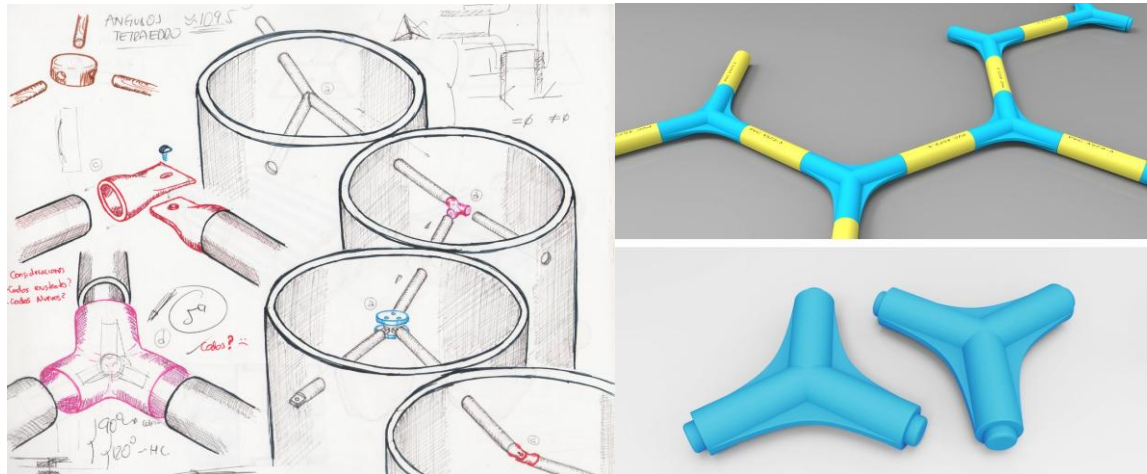
Numero de tubos por unión: 6

Volumen de la pieza: 3449, 56 centímetros cúbicos.

Numero de pasos para ensamble: 8

Numero de diámetros: 1

Figura 37. Alternativa 5. Sistema de unión codo.



Descripción: Sistema de unión propuesto mediante el rediseño del codo tradicional. Básicamente es una pieza que busca jugar con la forma del codo de tal manera que se integre en la composición de las estructuras, es decir, ocultar la zona de unión, ya que el codo tradicional instalado da la sensación de pieza complementaria. Esta propuesta juega con la estética del codo, permitiendo ver continuidad entre los tubos. Esta unión permite crear composiciones bidimensionales.

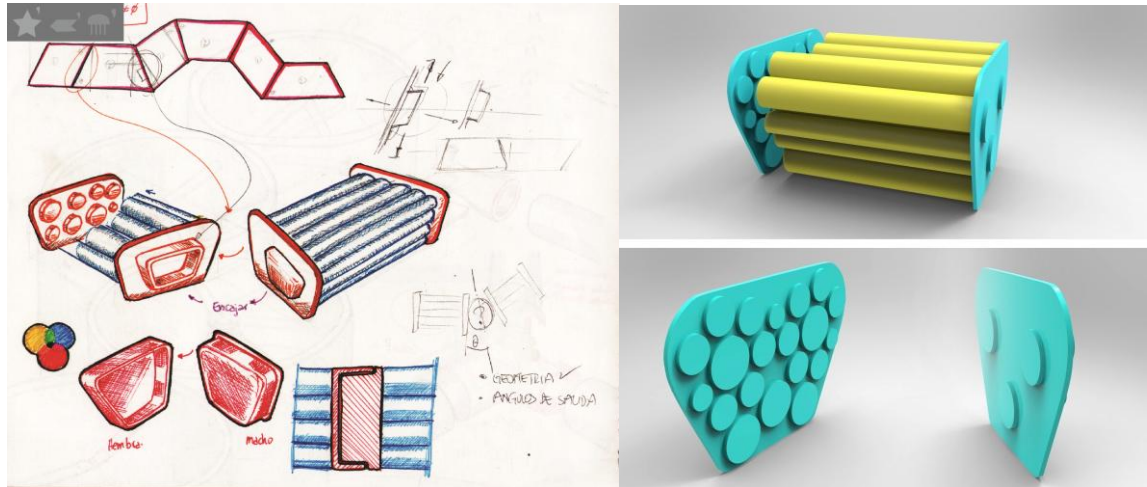
Numero de tubos por unión: 3

Volumen de la pieza: 1041,43 centímetros cúbicos.

Numero de pasos para ensamble: 3

Numero de diámetros: 1

Figura 38. Alternativa 6. Sistema de unión lámina lateral.



Descripción: Sistema de láminas laterales. Es un sistema que permite la integración de un gran número de tubos de diferentes diámetros dispuestos paralelamente al suelo, insertados en una lámina con una distribución de salientes o extrusiones para cada tubo. Cada tubo está a contacto tangencial con los que se ubican a su alrededor, pensado en la distribución de cargas. Esta lámina permite la extensión de tubos de manera lateral, lo cual permite mayor uso de tramos de tubería de diferentes longitudes, especialmente las cortas.

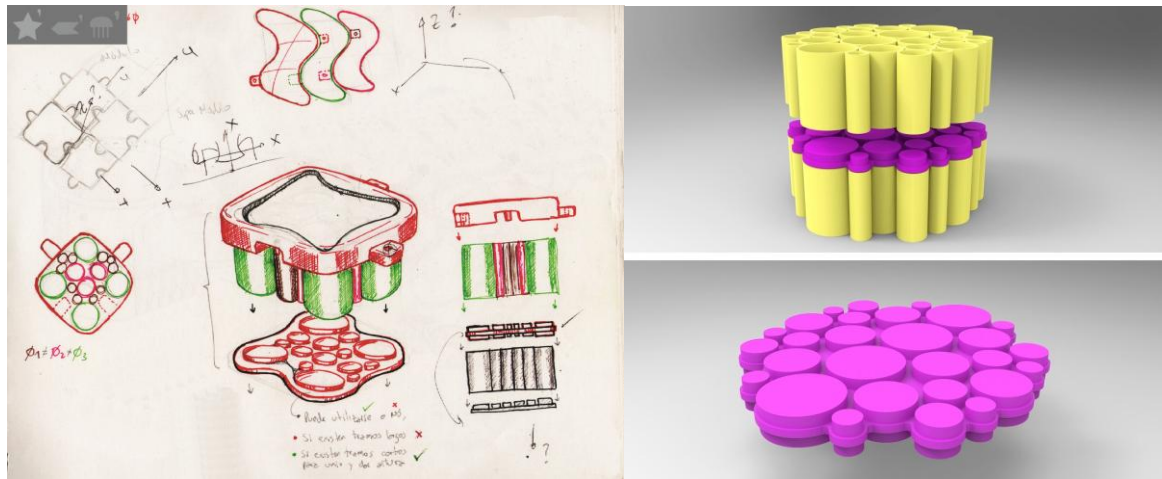
Numero de tubos por unión: 15

Volumen de la pieza: 2798,94 centímetros cúbicos.

Numero de pasos para ensamble: 1 por cada tubo insertado, y otro paso en la inserción de la tapa en el extremo del conjunto de tubos.

Numero de diámetros: 3

Figura 39. Alternativa 7. Sistema de unión de apilamiento mediante láminas.



Descripción: Sistema de láminas modulares. Este concepto es similar al concepto 6 ya que permite la integración de un mayor número de tubos de diferentes diámetros, a diferencia que se dispondrán de manera perpendicular al suelo. Surge con la necesidad también de unir tramos de diferentes longitudes, de tal manera que se puedan extender sin limitar la altura, utilizando así, tramos de longitudes cortas. Su diseño formal está compuesto por un módulo, para versatilidad en la creación de composiciones.

Numero de tubos por unión: 15

Volumen de la pieza: 5060,31 centímetros cúbicos.


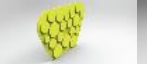
Numero de pasos para ensamble: 1 por cada tubo insertado, y otro paso en la inserción de la tapa en el extremo del conjunto de tubos.

Numero de diámetros: 3

7.1.5 Selección del concepto. Se realizó una matriz de selección basada en seis aspectos (criterios de selección) como requerimientos de diseño tales como construcción, ensamble, costos, versatilidad y eficiencia. Para la evaluación de los conceptos, tomamos como referencia el producto más similar al cumplir la función

de unir tubos, en este caso se toma el elemento conocido como “codo” mostrado en el estado del arte. Con base en este elemento, se hace una evaluación relativa de “mejor que” (+), “igual a (0), o “peor que” (-), cada evaluación se ubica en una celda de la matriz y se procede a evaluar cada concepto con respecto a cada criterio mediante una sumatoria, sumando una unidad por cada (+), restando una por cada (-) y manteniendo igual la sumatoria por cada (0).

Tabla 10. Matriz de selección de concepto

		CONCEPTOS							CONCEPTO DE REFERENCIA: CODO
		ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	ALT 5	ALT 6	ALT 7	
CRITERIOS DE SELECCIÓN									
Facilidad de manufactura		-	+	+	0	-	+	+	
Menor volumen		0	+	0	0	-	-	-	
Facilidad de ensamble		-	-	-	0	0	+	+	
Mayor cantidad de tubos a unir		-	0	-	-	+	+	+	
Variedad de diámetros a unir		0	0	0	0	0	+	+	
Versatilidad de diseños (variedad)		+	+	+	0	-	-	+	
Sumatoria		-2	2	0	-1	-2	2	4	
Puesto		6	2	4	5	7	3	1	
Continua		NO	SI	NO	NO	NO	REVISAR	SI	

RESULTADOS

- El concepto 7 obtuvo la mejor puntuación, según los criterios de selección, presentó un alto potencial para el desarrollo de la solución. Por tal motivo se sigue trabajando y evolucionando, y a su vez buscar la manera efectiva de convertir aquellos puntos débiles en fuertes, como en el caso del volumen que significó un atributo negativo. Para esto se trabaja en el rediseño y evolución hasta lograr de

este criterio un fortalecimiento, que de igual manera influye en el criterio de facilidad de manufactura.

- El concepto 2 presentó también un alto potencial como solución a la necesidad, de igual manera que el concepto 7 se revisará sus puntos débiles para convertirlos en fuertes, para este caso, el punto débil se vio reflejado en el criterio correspondiente a facilidad de ensamble, para esto se planteara evolución y refinamiento en el diseño para lograr la máxima eficacia del concepto.
- El concepto 6 ocupó un tercer lugar, por lo tanto se podría revisar para una posible evolución y de tal manera decidir si entra en la etapa de prueba de concepto junto con los dos primeros.

7.1.6 Refinamiento de Concepto. En primera instancia para pasar a la prueba de concepto, se revisaron los conceptos sobresalientes y se hicieron respectivos rediseños para lograr un diseño más óptimo bajo los criterios de selección:

- **Concepto 7 – Módulo triangular**

Figura 40. Refinamiento del concepto 7



Descripción: Desmaterialización en la pieza. Mantiene un tamaño considerable para manufactura, de tal manera se busca un módulo de menor tamaño que se pueda unir para crear composiciones y formas de mayor tamaño.

El diseño final es una pieza modular de ensamble cuya forma parte del principio del triángulo, permite la unión de 6 tubos por pieza. Conserva el principio del concepto, cuyo propósito es unir tramos de diferentes longitudes. Se plantea

fabricarlo en un polímero rígido de alta resistencia mecánica, ya sea polipropileno o polietileno de alta densidad.

Características del rediseño:

- Desmaterialización y menor volumen, trae consigo mayor facilidad de manufactura y reducción de costos.
- Sistema modular, permite versatilidad en el diseño en conjunto para las propuestas de mobiliario.

- **Concepto 2 - Pasador**

Figura 41. Desmaterialización de la pieza



Descripción: Desmaterialización de la pieza. Se elimina el principio de tapa, puesto que no es un requisito de importancia para solucionar la necesidad, pero de igual manera se conserva el principio de pasador entre tubos, obteniendo como resultado un rediseño en el pasador, aumentando su tamaño para mayor resistencia y seguridad. Este sistema de unión implica el mismo mecanizado en los tubos (perforación). Al eliminar la tapa este rediseño permite la unión de tubos de diferentes diámetros, manteniéndolos a contacto directo, cumpliendo la función del concepto 2 bajo el mismo principio. Su material se plantea igual que en el concepto, un material flexible que permita la fácil entrada en el orificio.

Características de rediseño:

- Reducción considerable de volumen, trayendo consigo reducción de costos y material.
- Rediseño en el pasador para mayor seguridad de agarre.

- Versatilidad, ya que la misma pieza sirve para una gran variedad de diámetros, sin modificación de molde.

- **Concepto 6**

Al manejar un principio similar al concepto 7, se decide dejarlo así para las pruebas y de tal manera permite una evaluación comparativa respecto al rediseño del concepto 7. Se podrá apreciar la variación de costos en la manufactura debido al tamaño, ya que este representa el requerimiento más importante para el diseño y fabricación de la pieza (unión).

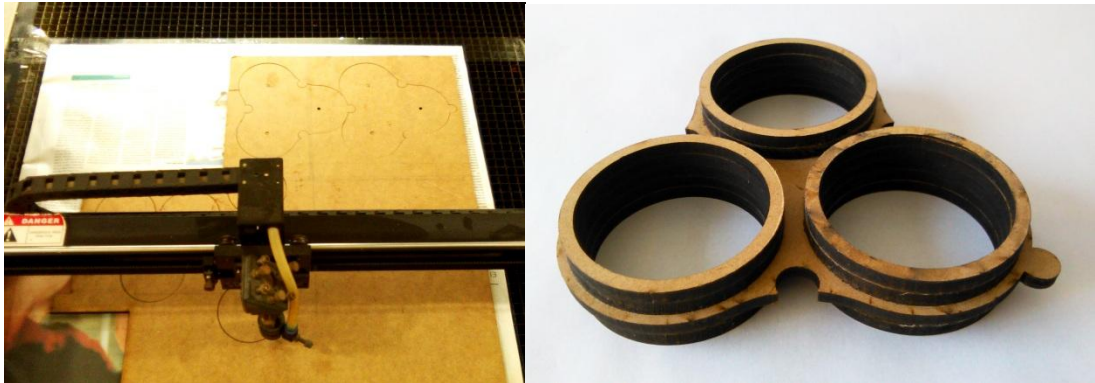
Una vez hecho los rediseños en los conceptos se decidió optar por el concepto 7 y 2 para la prueba de concepto, ya que cada uno tiene el potencial y eficiencia para cubrir la necesidad de unir tubería de PVC. El concepto 7 es de gran ayuda para la unión de diámetros de menor tamaño, y además de tramos de diferentes longitudes, lo cual permitiría la óptima utilización de gran cantidad del material residual el cual presenta diferentes longitudes; por otra parte el concepto 2, entra en la prueba de concepto, como consenso de equipo, debido a sus atributos y ventajas, ya que su uso sería útil como complemento de unión para aquellos tubos de diámetros superiores a 11 cm, ya que el ahorro de material en una pieza de unión en tubos de tales diámetros, es notorio. El concepto 6 finalmente se descarta debido al volumen, ya que reducir su tamaño sería un problema para el soporte de cargas y preservando tal volumen inicial, su proceso de manufactura representa un alto costo de producción, principalmente en el molde, esto comparado con los otros 2 conceptos sobresalientes.

7.1.7 Prueba de Concepto. Tiene como objetivo analizar el comportamiento del ensamblaje entre los conceptos seleccionados y la tubería de PVC mediante la creación de un modelo físico con las características funcionales del concepto.

7.1.7.1 Comunicación del concepto. Corresponde a la elaboración del modelo que sirve de guía para el refinamiento del concepto o conceptos planteados.

- **Para el concepto 7 (módulo triangular):** a partir de una lámina de madera se realizó corte en láser de los perfiles y mediante planos seriados se logró generar un volumen.

Figura 42. Proceso de creación modelo funcional del concepto 7.



Para comprobar la funcionalidad del modelo en cuestión se realizó el proceso de ensamblado de los componentes para visualizar en detalle el ajuste de los componentes y la interacción de los mismos.

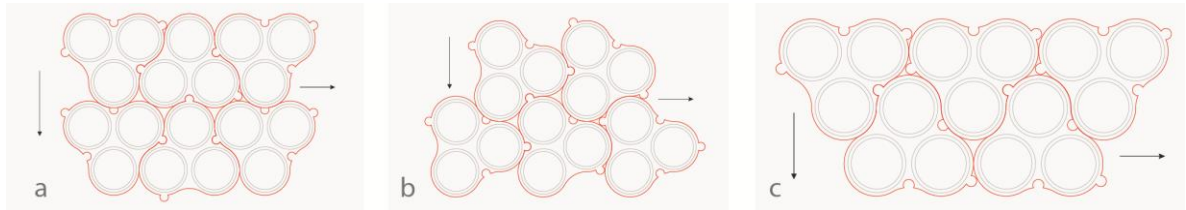
Figura 43. Ensamble del sistema Unión-tubería.



Se diseñó un elemento de unión que permitiera el contacto tangencial entre los tubos de igual diámetro, que se encajan en cada elemento y entre los tubos encajados las uniones adyacentes. Es un elemento modular versátil que permite generar composiciones de crecimiento en los ejes X, Y y Z. Brinda la posibilidad aumentar la longitud de los tramos cortos de tubería.

El módulo cuenta con pestañas que permiten relacionar varias uniones entre sí, proporcionando una mayor precisión en la retícula que forma y un lenguaje de uso correcto. Las posiciones de las pestañas permiten variar la geometría de las retículas que conforma el módulo.

Figura 44. Retículas de composición formadas por el módulo.



Se puede apreciar las geometrías que el módulo puede generar si se aplica rotación y reflexión.

En términos de resistencia y estabilidad del ensamblaje (elemento de unión y tubería) se elaboró una estructura con la tubería unida y se comprobó mediante la aplicación de cargas distribuidas al ensamblaje con el peso de un objeto y una persona establecidos en un rango entre 40 - 80 kg por un período de cinco minutos. Se obtuvo como resultado una estabilidad eficiente ya que no se presentaron movimientos y el ensamblaje se mantuvo fijo.

Figura 45. Aplicación de cargas al ensamblaje: Elemento de unión-Tubería.



- **Para el concepto 2 (pasador):** a partir de una lámina de madera se realizó corte en láser de los perfiles y mediante planos seriados se logró generar un volumen.

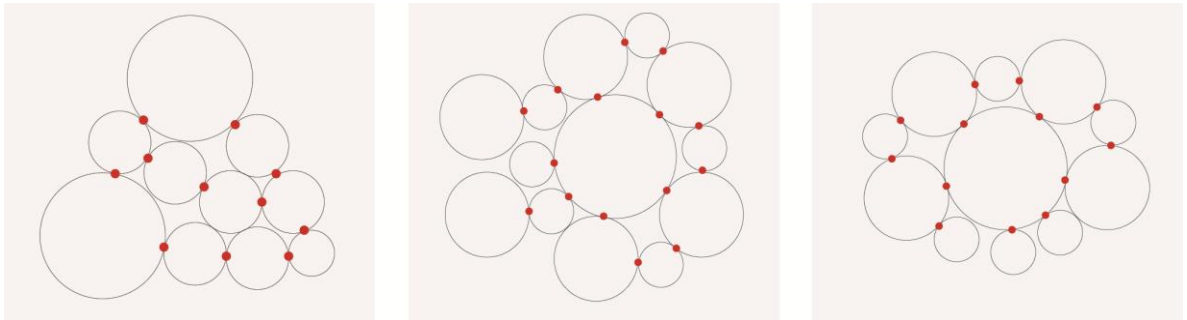
Figura 46. Modelo funcional concepto 2: elaboración y ensamble



Se diseñó un elemento de unión complementario que permite la relación de diferentes diámetros mediante un único elemento. El elemento se inserta en agujeros perforados previamente en el tubo; está diseñado para que se ajuste a diámetros que varían de 2 hasta 6 pulgadas (nominal).

Permite la generación de diferentes formas según la distribución de la tubería, independientemente de si se utiliza uno o varios diámetros en la composición.

Figura 47. Composiciones geométricas posibles con el elemento de unión

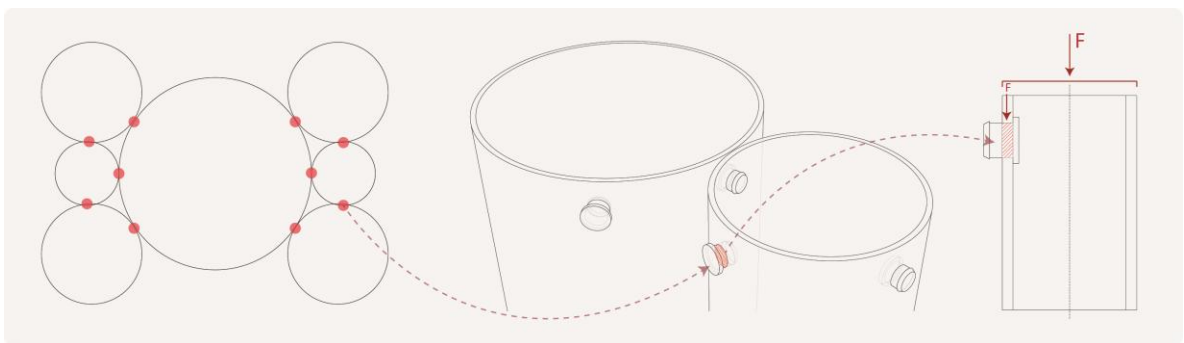


Los círculos rojos en la ilustración corresponden a los puntos estratégicos en los que existe la presencia del elemento de unión, se puede apreciar que es posible

ubicarlo en cualquier punto en el que se presenta contacto tangencial entre los tubos para lograr el ajuste.

En términos de resistencia, la carga que se aplica a una estructura formada por varios tubos unidos mediante la unión pasador, se distribuye en cada tubo; éste le transfiere una parte de la carga al pasador, generando un esfuerzo cortante en el área de sección transversal.

Figura 48. Esfuerzo cortante en la unión pasador.



La carga se distribuye en cada tubo; siendo así el esfuerzo cortante $\tau = F/A$. Donde la fuerza “F” es igual a la razón de la carga que se aplica al sistema y el número de tubos que componen la estructura; “A” es el área de sección transversal del pasador ($\pi \cdot r^2 = 109,35 \text{ mm}^2$). Para cada propuesta de diseño en la que intervengan varios tubos, la fuerza estaría dada por:

Figura 49. Fuerza para el cálculo de esfuerzo cortante en la unión pasador.



7.1.8 Diseño para manufactura

- ***Elección del material***

Consulta con Experto: Se consultó con el Ingeniero Jorge Navarro co-propietario de la empresa: Técnicauchos & Plásticos S.A.S. (Bucaramanga), quien con una amplia experiencia de más 25 años en el negocio de diseño y fabricación de moldes para la industria del caucho y de los plásticos planteó su punto de vista respecto al material adecuado para la elaboración comercial de cada uno de los conceptos.

- **Para el concepto 7 (módulo triangular).**

La elección del material se centra en un polímero cuyas propiedades sean similares a las del PVC rígido, principalmente las mecánicas y químicas, ya que la pieza de unión recibe la carga a compresión y debe transmitirla de manera eficiente y continua a la tubería; por el lado de las propiedades químicas se busca una alta resistencia a la intemperie y factores ambientales que implica en su uso. En consecuencia, por medio de la indagación, se propone su elaboración en polipropileno (PP).

El polipropileno es un termoplástico relativamente cristalino, obtenido de la polimerización del propileno, perteneciente a las poliolefinas, utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluye empaques, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Entre sus destacadas características encontramos: alta resistencia mecánica, alta resistencia contra diversos solventes químicos, resistencia a la intemperie, reducida cristalización, excelentes propiedades químicas y de impermeabilidad, nulo afecto al medio ambiente. Además, al compararse con el PVC rígido, el proceso de producción del PP es más limpio y amigable con el ambiente, reduciendo la emisión de gases y siendo un material totalmente reciclable, contribuyendo a la disminución del

impacto en nuestro entorno. A continuación algunas de las propiedades del polipropileno:

Tabla 11. Propiedades Polipropileno. (Escuela de ingenierías industriales, 2015)

Alargamiento a la Rotura (%)	150- 300, para filmes biax. >50
Coefficiente de Fricción	0,1-0,3
Dureza- Rockwell	R80-100
Resistencia a la Tracción (MPa)	25- 40, para filmes biax. 130-300
Resistencia al impacto Izod (Jm^{-1})	20-100
Temperatura de fusión ($^{\circ}C$)	160 a 170
Densidad ($g.cm^3$)	0,9

- **Para el concepto 2 (pasador):** El modo de ensamble de esta pieza con la tubería de PVC se realiza mediante la incrustación del mismo, es decir, el elemento se inserta a presión manual dentro de las perforaciones realizadas a la tubería; para lograrlo se plantea su producción en caucho vulcanizado.

El proceso de vulcanizado del caucho aumenta la retracción y disminuye la deformación, por tanto aumenta la elasticidad y disminuye la plasticidad¹¹. Este material presenta un mayor grado de elasticidad, una mayor resistencia ante factores externos, que el no vulcanizado; además se adapta al movimiento y se ajusta a las tolerancias.

Tabla 12. Propiedades del caucho vulcanizado. (Tecno Tres A, 2015)

Caucho Vulcanizado	
Polímero: Polisoprenico	Peso específico: 0,93
Módulo de elasticidad: 18MPa al 300% de elong	Límite superior de temperatura: 80°C
Resistencia a la tracción: 25 MPa	Límite inferior de temperatura: -50 °C
Elongación: 700% al fallo	

¹¹ CRUZ CAL, Blanca; GUERRA VALDÉS, Belkis; ÁLVAREZ GARCÍA, Emilio; BLANCO, Ricardo. Evaluación de elastómeros vulcanizados. [En línea] <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/268389/355960> [Citado 10 de Abril de 2015]

Figura 50. Detalles técnicos concepto 7



Figura 51. Detalles técnicos concepto 2

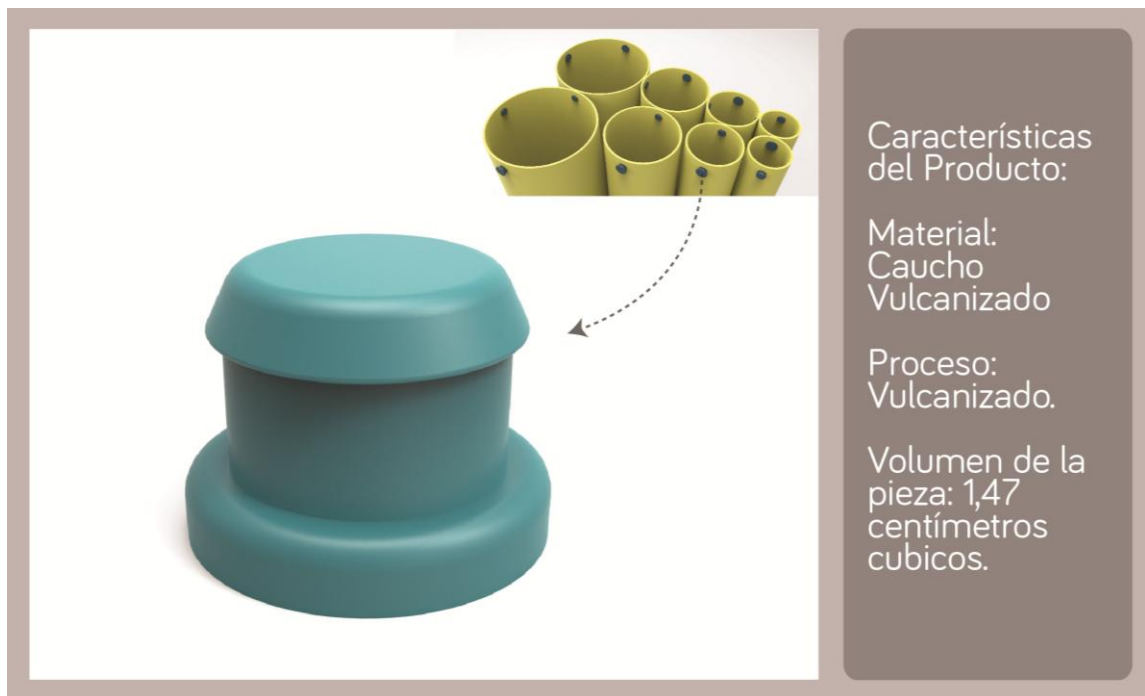


Figura 52. Planos técnicos unión módulo triangular.

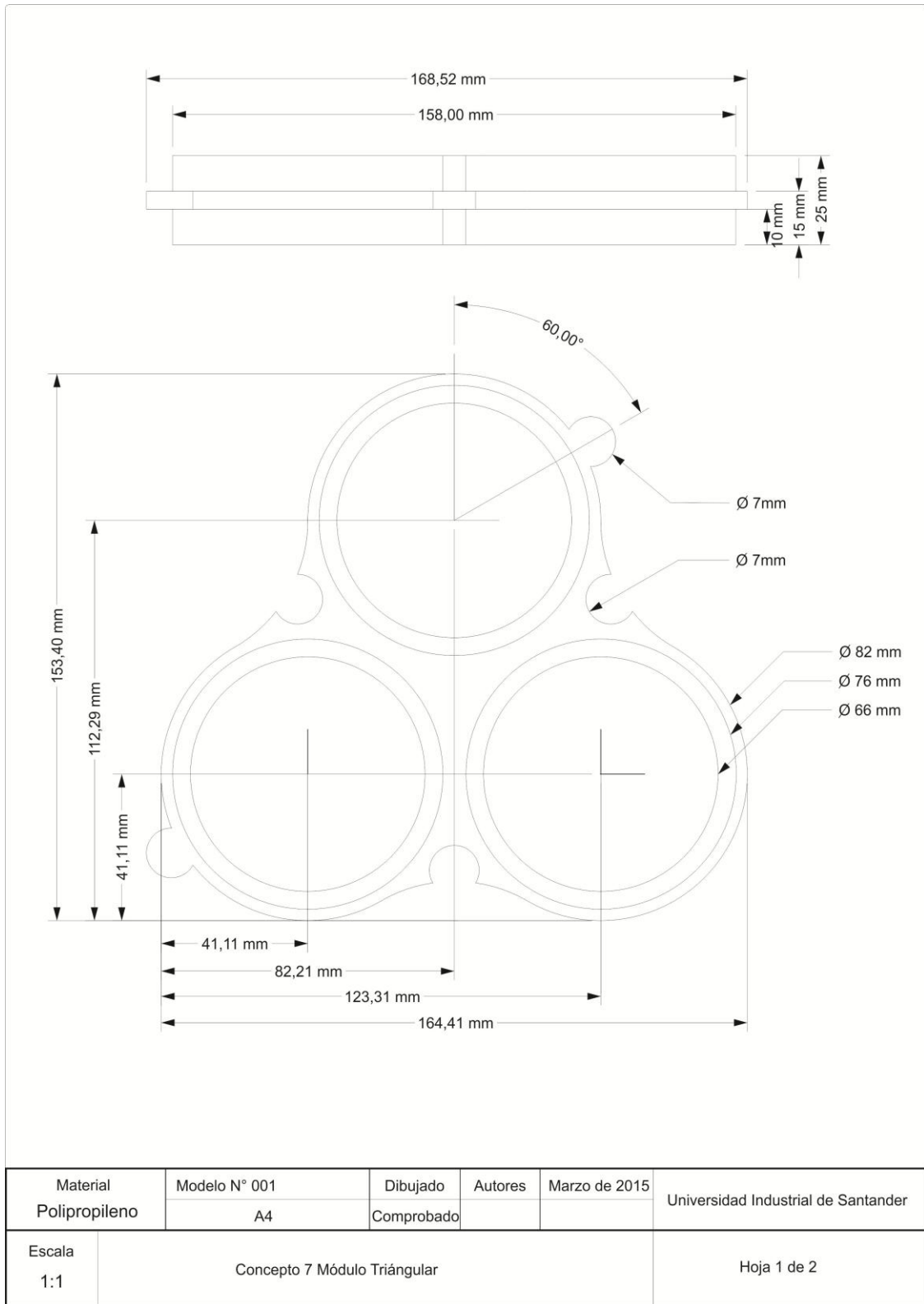
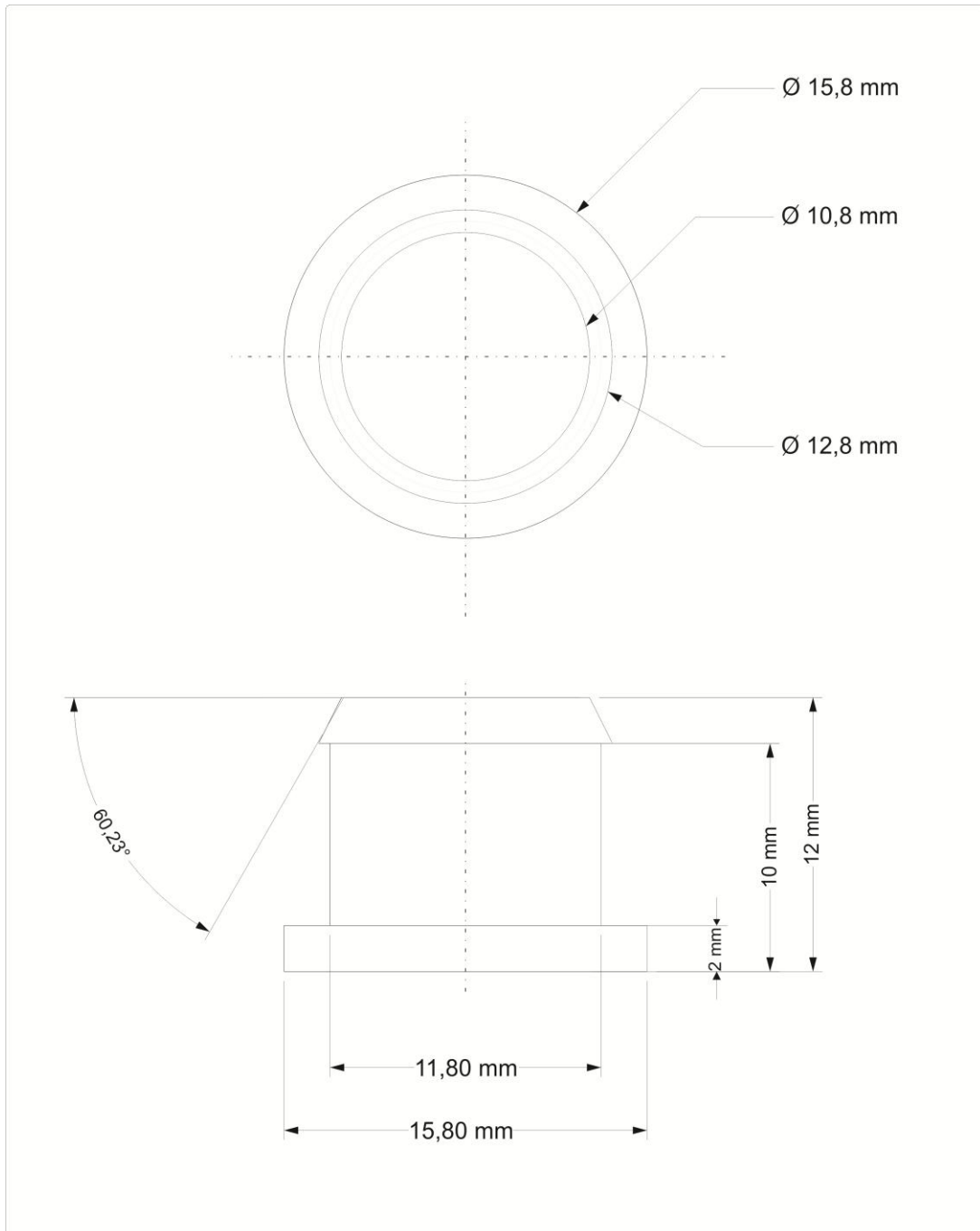


Figura 53. Planos técnicos unión pasador.



Material	Modelo N° 002	Dibujado	Autores	Marzo de 2015	Universidad Industrial de Santander
Caucho Vulcanizado	A4	Comprobado			
Escala 0,16:1	Concepto 2- Pasador			Hoja 2 de 2	

7.1.9 Construcción de modelo funcional. La figura 54 muestra un modelo físico funcional construido con una escala 1:1 del sistema de unión: módulo triangular, el cual se adapta para el diámetro de 3 pulgadas. El modelo funcional fue elaborado en MDF utilizando planos seriados y mediante la aplicación de recubrimientos y pintura de poliuretano se logró una superficie lisa y un acabado brillante emulando la apariencia de plástico inyectado.

Figura 54. Modelo funcional unión: módulo triangular.



La unión pasador se logró realizar en calidad de prototipo, para ello se elaboró un molde en acero mecanizado para la vulcanización del caucho, bajo los parámetros establecidos en los planos técnicos, como se muestra a continuación.

Figura 55. Proceso de elaboración del molde para la unión pasador.



Figura 56. Molde y Prototipo unión: pasador.



7.2 DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS (MOBILIARIO URBANO) EN PVC RESIDUAL

7.2.1 Estado del arte. Se fundamenta en la indagación de aspectos como la elaboración de productos a partir de tubería de PVC, marco teórico sobre zonas comunes en los proyectos de vivienda para el análisis de productos presentes en estas áreas y de esta manera identificar los elementos del problema para el planteamiento de alternativas para el diseño y desarrollo del mobiliario.

- **Mobiliario en tubería de PVC**

Figura 57. Comedor hecho con tubos de PVC. (Borrell, 2015)



DESCRIPCIÓN

Retal de tubería de PVC sobrante de una obra civil, convertida en un salón perfecto para utilizar como mesa y sillas para compartir una comida o como elemento de descanso.

CARACTERÍSTICAS

- Posee una estructura formada por el aplomamiento y unión de los tubos entre sí.
- Permite la entrada de luz natural desde los costados.

VENTAJAS

- Une tubos de diámetros diferentes .
- Recupera bastante material residual.
- Posee buena ventilación.

DESVENTAJAS

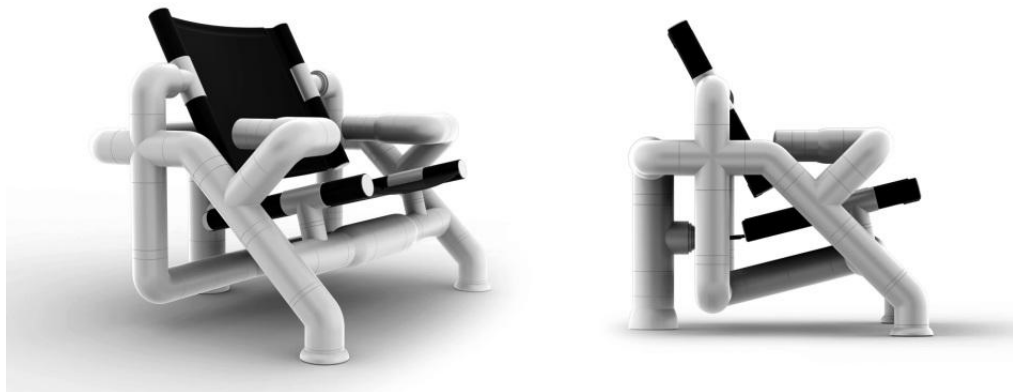
- Se puede presentar sensación de claustrofobia.
- No permite generar estructuras complejas.

Figura 58. Muebles en PVC reciclado (BRC Designs, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
-Mueble construido en pvc reciclado, adaptado para espacios interiores.	-Utilización de tubería de igual diámetro y diferente longitud. -Acabado gris mate.	-Área de contacto uniforme que aumenta la resistencia. -Contacto directo entre los tubos.	-Puede presentar inestabilidad.

Figura 59. Silla hecha con tubos y uniones de PVC (Solidsmack, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
-Mueble construido en pvc reciclado, adaptado para espacios interiores.	-Utilización de tubería de igual diámetro y accesorios de PVC (juntas y codos) -Asiento en lona/tela.	-Permite graduar el ángulo de inclinación del asiento y del espaldar.	-Utiliza gran cantidad de piezas diferentes para su ensamble.

- **Zonas comunes**

Según el artículo de 3, de la ley 675 de 2001, define los bienes comunes como: *“Partes del edificio o conjunto sometido al régimen de propiedad horizontal pertenecientes en proindiviso a todos los propietarios de bienes privados, que por su naturaleza o destinación permiten o facilitan la existencia, estabilidad, funcionamiento, conservación, seguridad, uso, goce, o explotación de dominio particular”*¹². En relación, las zonas comunes son aquellas áreas en las cuales se ubican piscinas, canchas, parques, zonas verdes, y otras instalaciones recreativas, además de los pasillos comunes de los edificios, áreas de estacionamiento, salones sociales, guarderías, etc.

Figura 60. Zonas comunes (Suprema, 2015)



Según CAMACOL, *“debido a que una de las principales políticas del Gobierno Nacional ha sido garantizar el acceso de la población, especialmente aquella considerada como vulnerable, a la vivienda digna, los proyectos de construcción de soluciones de vivienda de interés prioritario y social serán considerados como receptores de las normas de construcción sostenible que puedan implementarse. Para ello se enfocarán los esfuerzos en la aplicación de diseños pasivos,*

¹² COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 675 (agosto 3), por medio de la cual se expide el régimen de propiedad horizontal. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 44.509, 2001.

*complementados por diseños urbanísticos amables y que incrementen la calidad de vida de sus habitantes”.*¹³

En resumen, los proyectos de construcción que vienen proyectándose hacia el futuro, se verán enfrentados a enfocar sus esfuerzos a mejorar el compromiso ambiental, mediante criterios de sostenibilidad que acompañen el desarrollo de dichos proyectos; es posible, desde el punto de vista del diseño industrial, innovar en productos sostenibles que se puedan implementar a los diferentes espacios o zonas de conjuntos o urbanizaciones con el fin de contribuir en parte a la cultura ambiental y al desarrollo sostenible.

- **Mobiliario en zonas comunes**

Figura 61. Visita de Campo Conjunto Residencial “El Olimpo” (izquierda), “Mediterrané” (derecha)-Floridablanca. (Proyecto terminado)



Zona Parques: En algunas ocasiones encontramos bancas ornamentales alrededor de la zona de juegos o de los parques infantiles, la función principal de este tipo de mobiliario es, además de ser para el descanso, sirve para que las personas puedan observar a los niños mientras se divierten y estar pendientes si algo ocurre.

¹³ CAMACOL. La construcción sostenible en Colombia, presente y futuro. 2012. [en línea]. http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%20C3%B3mico%20Oct2012-No%2040.pdf [Citado 9 Noviembre de 2014].

Figura 62. Conjunto Residencial “El Olimpo”



Senderos Peatonales: Se puede apreciar, al igual que en la zona de parques, bancas ornamentales, ubicadas en un recorrido que atraviesa el conjunto, destinadas para el descanso y esparcimiento de los habitantes de la urbanización.

Figura 63. Conjunto Residencial "Mediterrané"



Zonas Verdes: hacia el futuro, serán parte importante de los proyectos de construcción de vivienda que se ejecuten, debido a que representan una fuente de esparcimiento, salud, entorno natural, lo cual es sinónimo de calidad de vida. Se considera una zona común con potencial para el desarrollo de elementos de tipo mobiliario, que integre el diseño urbano a un entorno natural.

Conclusiones del estado del Arte: El mobiliario urbano forma parte integral de cada conjunto residencial, condominio o urbanización; ya que junto con las zonas

que pertenecen al bien común, configuran un complemento esencial para los residentes en el sentido que brindan sensación de bienestar y al estar ubicados en espacios abiertos permite desde la interacción entre los residentes hasta momentos de relajación y deleite.

Las zonas verdes cuentan con potencial para incluir en el espacio mobiliario que permita disfrutar un tiempo de descanso y relajación al aire libre rodeado de un entorno natural.

7.2.2 Identificación del problema. Al explorar las zonas comunes, se puede apreciar la importancia de integrar mobiliario urbano debido a su uso diario ya que representan una necesidad para los usuarios y residentes de conjuntos o urbanizaciones. Se identificaron elementos interesantes que cumplen con su función, pero por otro lado es evidente la falta de innovación en elementos de tipo mobiliario urbano, en su mayoría se utilizan productos estándar de calidad comúnmente encontrados en el mercado, pero su estética formal es similar en casi todos los casos, hace falta innovación para lograr eso que llamamos 'salir del molde' y explorar en cuanto a diseño nuevas formas, con el fin de dar un toque moderno a esos espacios. Además de esto se ve ausente el aprovechamiento de zonas con alto potencial para la integración de nuevos productos y convertirlos en zonas de mayor uso, como en el caso de utilizar zonas verdes para brindar un espacio de lectura y relajación e incluso de un contacto directo con la naturaleza. Con base en esto y con la ayuda de asesoría con expertos como arquitectos y directores de gestión de innovación en proyectos de construcción de la constructora MARVAL S.A. se sugiere la implementación de mobiliario de descanso y relajación para las zonas comunes, como una necesidad de implementación de productos para nuevos proyectos de construcción.

Adicionalmente, de acuerdo con las pruebas resistencia mecánica realizadas al material residual y notar su alta resistencia ante fuerzas de compresión, en común

acuerdo como equipo de trabajo se llega a la decisión de realizar para esta parte del proyecto el diseño y fabricación de bancas (sin espaldar) para implementar en zonas comunes, ya que la geometría del material nos permite aprovechar de manera eficiente sus propiedades para tal función, siendo utilizado como material estructural. Es pertinente dejar claro que se trabajará esta necesidad para el desarrollo de este proyecto de acuerdo con los alcances, pero se deja de manera abierta la posibilidad de desarrollar en un futuro, cualquier otro tipo de mobiliario urbano con tubería de PVC residual.

En resumen se tiene como enunciado del problema: *Diseño y construcción de bancas sin espaldar, mediante tubería de PVC residual.*

Zona común: Senderos, zona de juegos y zonas verdes

Tipo de banca: Sin espaldar.

Una vez definido el tipo de mobiliario, a continuación se presenta un estado del arte de las bancas a nivel global, como acercamiento a la problemática. De esta manera se aprecian fortalezas y debilidades del mobiliario, que nos permite marcar pautas y reconocimiento para emprender nuestro proceso creativo de diseño, y demás pautas para lograr el producto en su etapa final.

• **Estado del arte mobiliario urbano sin espaldar**

Figura 64. Mobiliario urbano para exteriores. (Simbiosisgroup, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>-Mobiliario urbano circular para espacios al aire libre.</p> <p>-Asiento en madera, estructura en concreto con acabado mate.</p>	<p>-Permite la interacción de un grupo determinado de personas o de carácter individual.</p>	<p>-Brinda interacción o privacidad, dependiendo del uso.</p> <p>-Elemento de descanso.</p>	<p>-Posible deterioro del material de la cubierta debido a factores ambientales.</p>

Figura 65. Mobiliario urbano en fibra de vidrio. (Suigeneris, 2015)



DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>-Mobiliario urbano en fibra de vidrio; muebles contemporáneos al aire libre, piezas ideales para espacios exteriores urbanos y recreativos e interiores comerciales.</p>	<p>-Todos los artículos se pueden hacer en cualquier color para combinar con cualquier color de interior o corporativa.</p> <p>-Construcción modular, que permite una fácil instalación y se puede adaptar para crear una variedad de tamaños y estilos.</p>	<p>- Vida útil indefinida, altamente durable y fácil de limpiar, resistente a la intemperie y prácticamente libre de mantenimiento.</p>	<p>-No posee anclaje para la superficie de instalación.</p>

Figura 66. Mobiliario urbano en metal



DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mobiliario urbano para exteriores, se caracteriza por su geometría curva. Resistente a factores ambientales; construido totalmente en metal.	-Fácil instalación. -Permite interacción de varias personas.	-Al ser metálico, la superficie puede calentarse con la luz solar.

Figura 67. Mobiliario urbano orgánico



DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mobiliario urbano para exteriores, se caracteriza por sus formas orgánicas. Modularidad. Resistencia a factores ambientales.	-Anti bandálico. -Permite interacción de varias personas.	- Posible calentamiento de la superficie.

Figura 68. Mobiliario urbano en hormigón



DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mobiliario urbano para exteriores. Predominio de líneas rectas, elaborada 100% en hormigón. Resistente a factores ambientales.	-Anti bandálico. -Permite la interacción de varias personas.	-Bordes pronunciados. -No presenta modularidad, poca extensión.

7.2.3 Identificación de las necesidades del cliente. En esta parte del proceso se hace la primera interacción directa con los usuarios para obtener de manera aproximada las necesidades y cualidades que ellos esperan del producto. Para esto se realizó una encuesta a 30 personas que cumplen el perfil propuesto de usuarios directos para este producto, teniendo en cuenta el tipo de producto y el lugar a implementar.

Perfil de usuario: Hombres y mujeres entre 15 y 50 años, habitantes en conjuntos residenciales de estratos 3, 4, 5 de Bucaramanga y su área metropolitana.

En esta primera encuesta (Ver Anexo C) se quiso conocer opiniones y gustos temas referentes a la aceptación del diseño sostenible, frecuencia de uso de bancas, atributos y falencias en las bancas actuales en el área, además de colores, formas y estilos que les gustaría ver en este tipo de mobiliario. Este sondeo realizado a usuarios potenciales permitió identificar lo que se denota como necesidades del cliente, las cuales se plasmaron como atributos deseables que debe poseer el producto, como lo sugiere Karl T. Ulrich en la metodología.

Adicionalmente, se establecen unas necesidades técnicas, basadas en el trabajo de campo, investigación y estado del arte de este tipo de mobiliario, además de la tecnología, área y condiciones de la zona a implementar. Estas necesidades son de gran incidencia para el diseño y fabricación de las bancas.

Tabla 13. Necesidades de usuario e importancia relativa

Necesidades		
de usuario	Enunciado	Importancia
1	Las bancas son seguras	1
2	Las bancas son cómodas	2
3	Las bancas son atractivas visualmente	4
4	La función de las bancas se percibe de manera clara	3
5	Las bancas están destinadas para uso individual y colectivo	6
6	Las bancas lucen modernas e innovadoras	5

Nota: la casilla de importancia en la tabla, equivale a la importancia relativa de cada necesidad, donde a cada una se le asigna un valor de uno (1) a seis (6) (correspondiente a la cantidad de necesidades de usuario), siendo la importancia con valor uno (1) la de mayor peso. De igual manera se aplica para las necesidades de tipo técnicas.

Tabla 14. Necesidades técnicas e importancia relativa

Necesidades técnicas		
técnicas	Enunciado	Importancia
7	Las bancas son resistentes a las condiciones ambientales donde se dispondrán	2
8	Las bancas requieren un bajo mantenimiento	9
9	los componentes de las bancas se producen de manera industrial	5
10	Los componentes de las bancas se producen con tecnología local	6
11	La instalación es rápida	8
12	El ensamble de piezas es seguro y eficaz	1
13	La tubería está unida bajo un sistema de unión	4
14	La tubería funciona como parte estructural de las bancas	7
15	La producción de las bancas es de bajo costo	3
16	Las bancas ocupan una porción de área adecuada	11

7.2.4 Interpretación de datos. Los usuarios encuestados dieron a conocer sus preferencias, muchos de ellos coinciden en aspectos, por ejemplo, todos están de acuerdo con la implementación de diseño sostenible dentro de escenarios de uso frecuente. Es notorio el interés por el cuidado del medio ambiente y la manera de aportar a este, ya sea brindando su aceptación en el uso de productos elaborados de alguna manera o parte de sus componentes mediante la aplicación de un segundo ciclo de vida a ciertos materiales.

En aspectos relacionados con el uso, se inclinaron en la comodidad y seguridad que deben brindar las bancas, en este aspecto, mostraron por la preferencia por asientos elaborados en plástico o madera.

En aspectos formales y estéticos las opiniones son un poco más variadas, en cuanto a la preferencia de color, a algunos les gustan los colores brillantes y vivos, otros los colores neutros y otros optan por colores y acabados relacionados con la madera.

El aspecto en común es la carencia de innovación de formas en las bancas del área, los usuarios mencionan que la mayoría presentan la misma base rectangular, donde solo se pueden sentar un máximo de 3 personas, así mismo, en el ítem de la encuesta que muestra diseños de mobiliario de bancas sin espaldar a nivel global, fue evidente la aceptación por bancas modulares, con posibilidad de extensión, aquellas que generaban curvas o una línea continua, además de esto, muestran preferencia por bancas alrededor de los árboles, estando de alguna manera en contacto con la naturaleza. Una vez analizados los datos de las encuestas, se dispuso la interpretación de las necesidades del usuario y se plasman de la manera en que están en la tabla, para seguir con el proceso de diseño, continuando con las especificaciones del producto.

7.2.5 Especificaciones de producto. Las especificaciones son los requerimientos de diseño necesario y deseable para el producto. Estos partieron de la interpretación de necesidades de usuario, técnicos, análisis de campo, tecnología y manufactura. A continuación se presentan cada requerimiento con la necesidad a la cual corresponde y una métrica que sirve como parámetro cualitativo o cuantitativo ya sea el caso. Una vez establecidas las especificaciones, se pasa a la generación de conceptos, y posterior evaluación, analizando los conceptos que cumplen de manera óptima con los requerimientos para el producto.

- **Requerimientos de uso**

Tabla 15. Requerimientos de uso

Requerimientos de uso			
Enunciado	Necesidad	Métrica-Parámetro	
La banca debe ser fácil de usar	4	Numero de movimientos <2	
El usuario debe identificar el uso y función de las bancas y componentes de manera conjunta como objeto de descanso	4	Subjetivo	

Deben permanecer fijas	1	Anclaje
Deben ser estables	1	Unión entre componentes
Sería deseable que las bancas requieran baja frecuencia en el mantenimiento	8	Limpieza superficial una vez por mes

- **Requerimientos de función**

Tabla 16. Requerimientos de función

Requerimientos de función		
Enunciado	Necesidad	Métrica-Parámetro
Las bancas deben resistir cargas a compresión perpendicular a la superficie de base	1	Peso mínimo 100 kg
Las bancas deben ser resistentes a condiciones climáticas adversas y continuas	7	Humedad Relativa Bucaramanga 83 %
Los asientos de las bancas no deberían tener texturas pronunciadas	2	Acabado del material

- **Requerimientos técnico-productivos**

Tabla 17. Requerimientos técnico-productivos.

Requerimientos técnico-productivos		
Enunciado	Necesidad	Métrica-Parámetro
Sería deseable que las bancas se fabriquen con tecnología nacional	10	Colombia.
Las bancas deben ser producidas de manera industrial	9	Moldes y estandarización de componentes
El diseño de las bancas deben permitir la estandarización de sus componentes	9	Producción industrial
Las bancas deben estar compuestas en su mayoría por tubería PVC residual en comparación a la totalidad de los componentes	14	Mínimo 60 % de tubería de PVC por producto
Sería deseable un costo de producción bajo para las bancas	15	Máximo 20% más costoso que los productos similares en

el mercado

- **Requerimientos estructurales**

Tabla 18. Requerimientos estructurales

Requerimientos estructurales		
Enunciado	Necesidad	Métrica-Parámetro
Se debe implementar un sistema de unión entre tubos para el diseño de las bancas	13	Sistema de unión previamente diseñado
Se debe tener en cuenta el área de la zona de implementación de las bancas	16	Área máxima por producto 2m ²
Sería deseable establecer un ciclo de vida por producto	7,8	mínimo 8 años
La estructura base de las bancas debe estar hecha a partir de la tubería de PVC	14	Mínimo 60 % de PVC residual por producto

- **Requerimientos ergonómicos**

Tabla 19. Requerimientos ergonómicos

Requerimientos ergonómicos		
Enunciado	Necesidad	Métrica-Parámetro
En el diseño de las bancas se debe tener en cuenta datos antropométricos de población correspondiente a la zona oriente colombiano	2	Datos antropométricos del percentil 50 en hombres de 15 a 31 años
Se debe tener en cuenta la altura poplítea	2	Postura sedente, altura poplítea: 44,6 cm ¹⁴
Se debe tener en cuenta el ancho de caderas	2	Postura sedente, ancho de caderas: 37,4 cm ¹⁵
Se debe tener en cuenta la medida nalga poplítea	2	Postura sedente, longitud nalga-poplítea: 49,6 cm ¹⁶

¹⁴ MARADEI GARCIA, María Fernanda; ESPINEL CORREAL, Francisco Mario; y PEÑA LEAL, Astrid Andrea. Datos antropométricos para el diseño: región nororiental colombiana. Bucaramanga. 2009. p. 22, 25.

¹⁵ Ibíd.

La superficie de asiento debe adaptarse al hueco poplíteo	2	Ausencia de aristas y bordes redondeados de radio mínimo 10 mm
---	---	--

- **Requerimiento formal estéticos**

Tabla 20. Requerimientos formales estéticos

Requerimientos formal estéticos	
Enunciado	Necesidad
El diseño de las bancas deberían generar interés visual	3,6
El diseño de las bancas deberían generar equilibrio visual	3
Sería interesante que la forma de las bancas parta de un principio de modularidad para variedad de disposición, extensión y agrupación	3,6
Debe ser notoria la presencia de la tubería de PVC como componente del diseño de las bancas	14
La tubería de PVC residual y el asiento de las bancas, deben ser tratados con acabados superficiales	2,3

7.2.6 Generación del concepto. En esta fase se plantearon alternativas de diseño de mobiliario tomando como punto de partida la ensamble entre la tubería de PVC y alguno de los dos sistemas de unión diseñados anteriormente. Para esto se planteó jugar con formas, materiales complementarios, disposición geométrica, estética, modularidad, entre otros aspectos, además de tener en cuenta la ergonomía y comodidad para usuarios. Se inició desde la expresión de las ideas mediante bocetos hasta llegar a la elaboración modelos digitales en 3D para mejor percepción de las ideas planteadas. A continuación se presentan 5 alternativas de mobiliario; cada alternativa obedece a un principio que permite crear diversos elementos con características similares y coherencia formal, lo cual es idóneo para elaborar una línea de productos.

¹⁶ Ibíd.

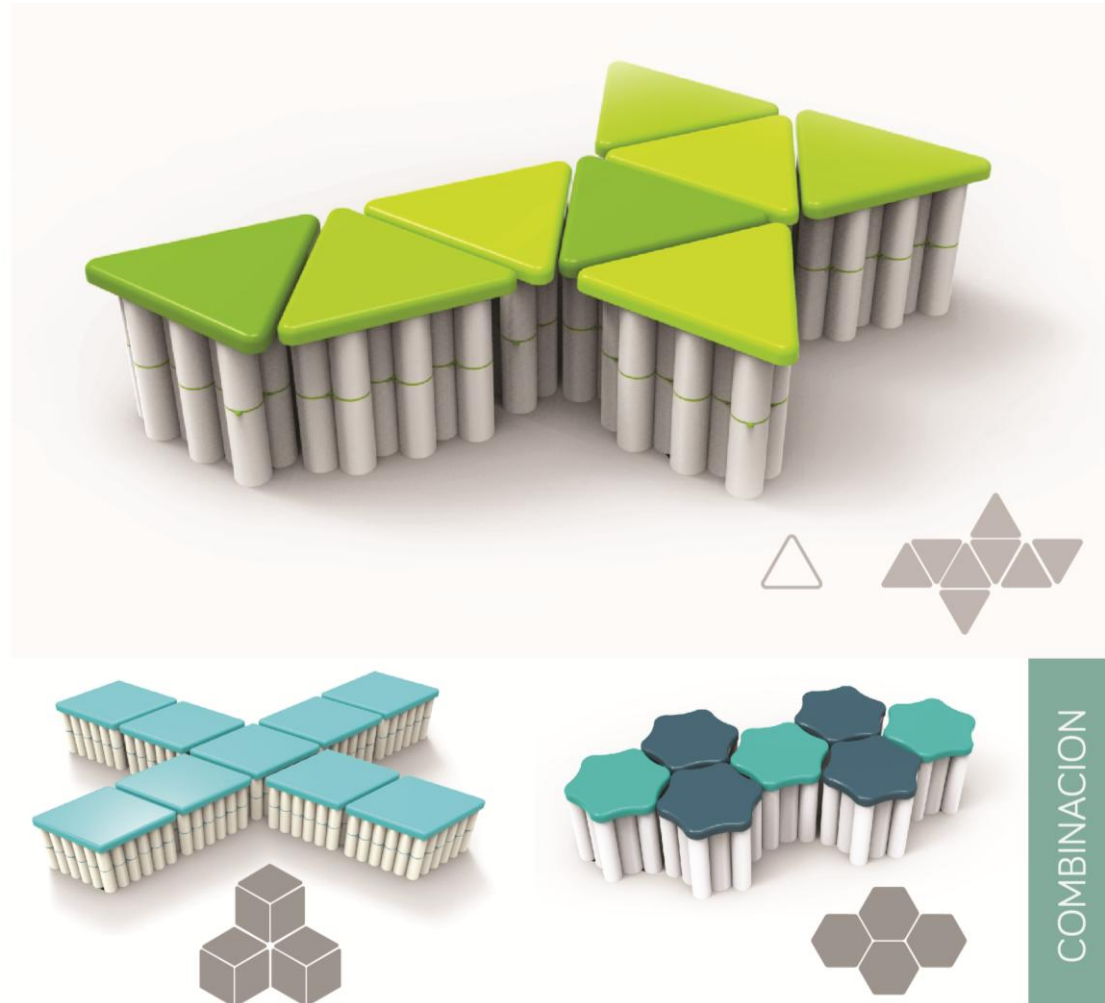
Figura 69. Bocetación de ideas de mobiliario en papel



Las alternativas evolucionan a conceptos y para cada uno se establece un principio generativo que permite crear formas coherentes y manejar un estilo diferente en cada concepto, ya que el objetivo es diseñar una línea de productos.

- **Concepto 1: Diseño de banca geométrica.**

Figura 70. Concepto 1. Banca geométrica.



La inspiración de este concepto se basa en la geometría simple, partiendo de figuras geométricas básicas para la creación de mobiliario modular. El triángulo, posee una geometría versátil ya que puede generar formas más complejas como rombos, trapecios, hexágonos, etc. Se plantea un módulo triangular para crear una banca de uso individual, que al repetirse crean composiciones que extienden el uso del mobiliario para más usuarios. Se propone un asiento hecho en plástico reforzado con fibra de vidrio, pensando en los costos de producción y tecnología local, ya que es un material con propiedades adecuadas por su excelente

resistencia a factores ambientales y aplicación de acabados lisos, de igual manera permite manejar una amplia gama de colores y tonos.

Dimensión: área ocupada por unidad 47 cm X 54 cm.

Material complementario: Plástico reforzado con fibra de vidrio.

Acabados: Liso brillante.

Tipo de unión: módulo triangular.

- **Concepto 2: Diseño de banca con Perfil metálico.**

Figura 71. Concepto 2. Banca de perfil metálico.



Este concepto se caracteriza por la utilización de un perfil metálico como estructura de la banca; los tubos cumplen la función de asiento por lo cual están

en contacto con el usuario. La tubería se rodea con una lámina de metal, la cual mantiene los tubos fijos. La configuración formal de este tipo de mobiliario está determinado por los perfiles metálicos, lo que permite variar la disposición de los tubos para crear así diferentes alternativas. Este tipo de bancas está destinado para uso individual o colectivo de hasta 3 personas, dependiendo del número de módulos que se integren.

Dimensión: área ocupada por unidad 47 cm X 105 cm.

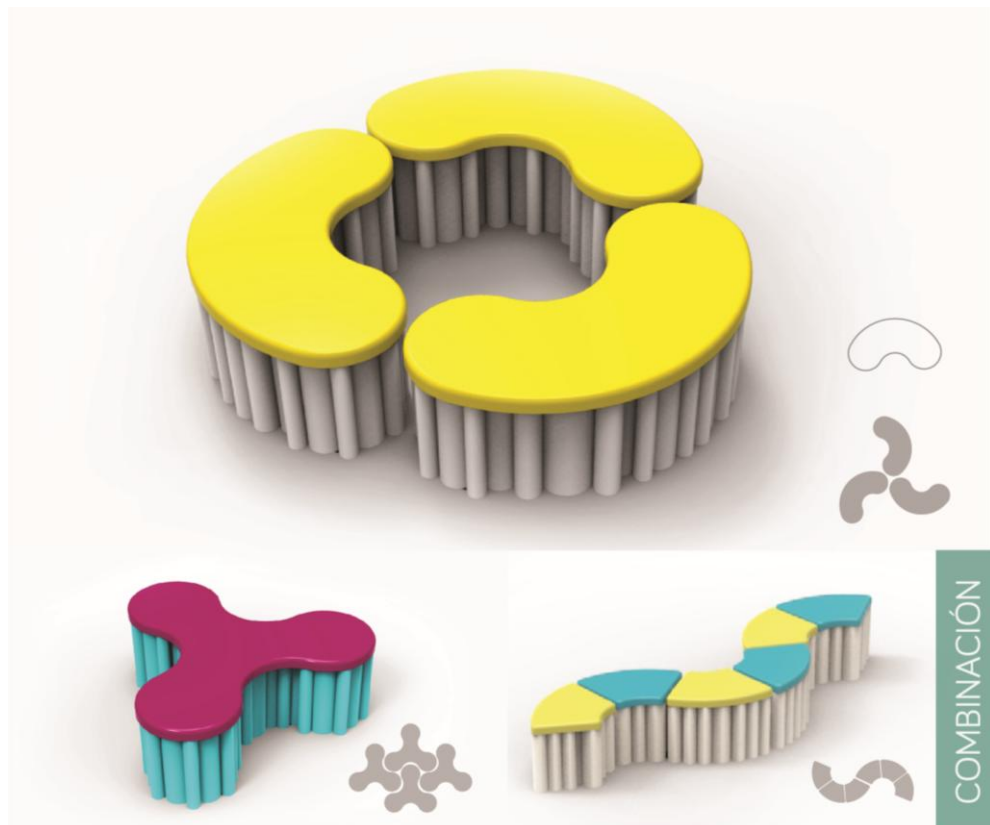
Material complementario: acero inoxidable.

Acabados: Liso mate.

Tipo de unión: pasador.

- **Concepto 3: Diseño de banca Curva.**

Figura 72. Concepto 3. Banca curva.



Con esta alternativa se pretende jugar con las formas, creando interesantes e inusuales configuraciones en el mobiliario, buscando un estilo moderno, colorido y limpio. Para esto se utilizaron formas continuas carentes de aristas, la idea es reconocer una percepción fluida de la forma. El objetivo además es la integración de 2 productos de la misma línea dentro del área o espacio, como productos complementarios. Se utilizó una paleta de colores vibrantes para lograr un atractivo visual. Al igual que el concepto 1, el material del asiento, pensando en los costos y tecnología local se plantea en fibra de vidrio por su resistencia al impacto y factores ambientales además de su acabado superficial.

Dimensión: área que ocupa la unidad 70 cm X 120 cm

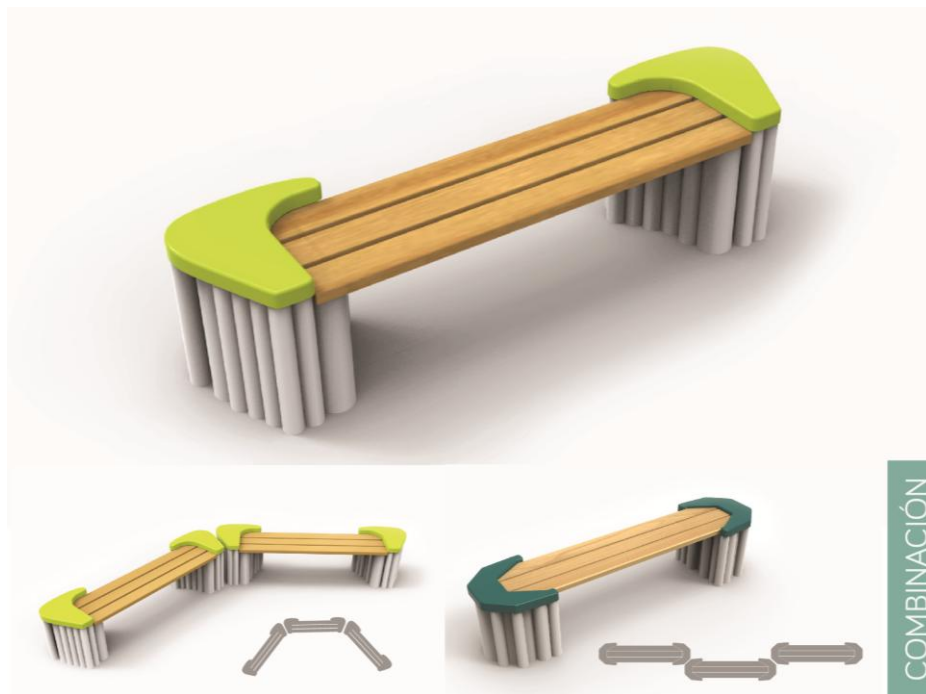
Material complementario: plástico reforzado con fibra de vidrio

Acabados: liso brillante y colores vibrantes.

Tipo de unión: pasador

Concepto 4: Diseño de banca en madera.

Figura 73. Concepto 4. Banca en madera.



Esta alternativa nace como respuesta a las necesidades del usuario, ya que gran cantidad de personas se sienten familiarizadas y de alguna forma cómodas y seguras al usar las bancas hechas en madera. Por ello se decidió utilizar la madera como asiento y la tubería como estructura de la banca. Para brindarle un atributo de innovación se propone utilizar tapas en fibra de vidrio para los tubos como elemento compositivo en la forma para disposición de más bancas a su alrededor y al mismo tiempo se busca jugar con el color para crear sensación de sostenibilidad y modernidad. Con este concepto se pretende el fácil reconocimiento de la función del producto y asegurar un atractivo visual hacia los usuarios. Los tubos se pueden ir unir con cualquiera de las uniones propuestas, dependiendo la forma deseada.

Dimensión: área que ocupa la unidad 50 cm X 150 cm

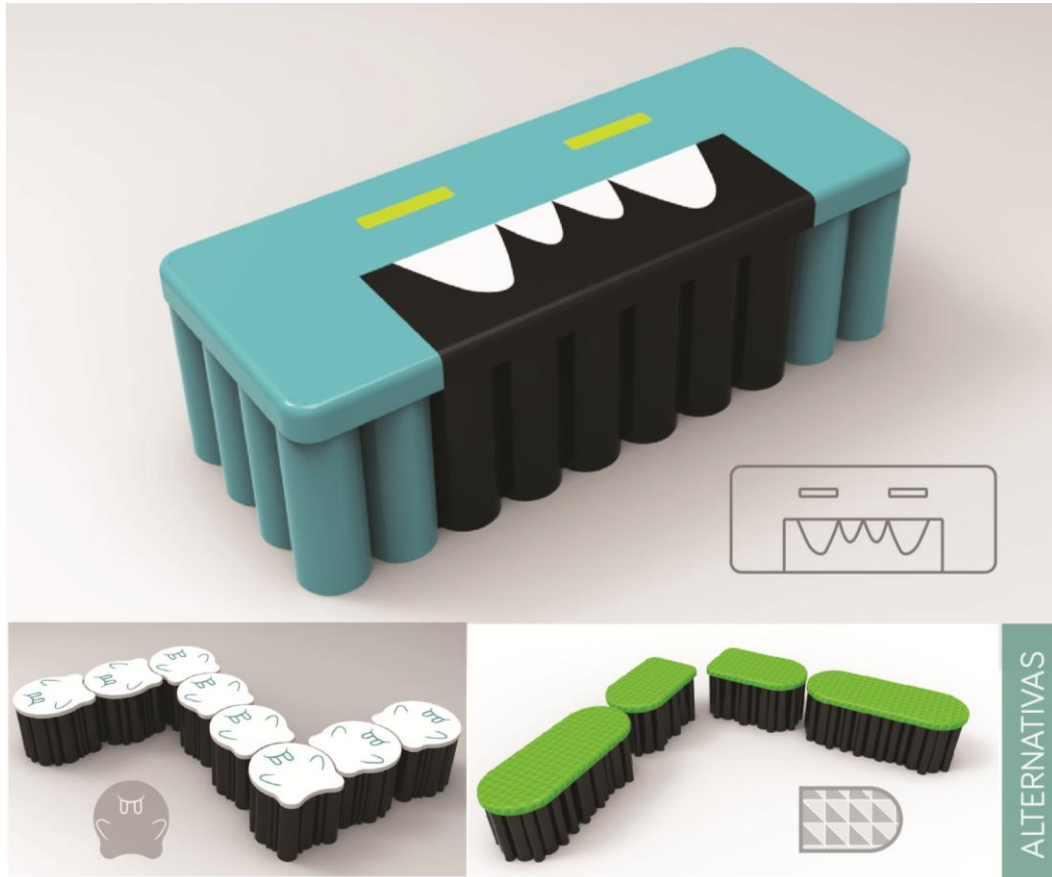
Material complementario: madera, plástico reforzado con fibra de vidrio.

Acabados: liso brillante y madera sellada.

Tipo de unión: modulo triangular/pasador

- ***Concepto 5: Diseño de banca Temática.***

Figura 74. Concepto 5. Banca temática.



El atributo de esta alternativa reside en la utilización de un icono representativo reconocido por el usuario, ya sea una ilustración, caricatura, formas, temas como naturaleza, “cute design”, entre otros. Para lograrlo se plantea un diseño gráfico utilizando técnicas de aerografía y pintura de poliuretano para aplicar sobre la superficie del asiento con las formas alusivas al tema. Es una propuesta con contenido gráfico que nace al notar el interés de algunos usuarios por este tipo de mobiliario.

Dimensión: área que ocupa la unidad 50 cm X 150 cm


Material complementario: plástico reforzado con fibra de vidrio y pintura de poliuretano.

Acabados: liso brillante.

Tipo de unión: pasador.

7.2.7 Selección del concepto. Se realizó una matriz enfocada en una comparación refinada de conceptos bajo los criterios de selección, los cuales surgen a partir de los requerimientos de mayor importancia. Para la realización de operaciones se asignó un producto de referencia, en este caso se tomó el concepto 1 ya que las alternativas presentan un principio estructural y de ensamble similares, dados por la tubería de PVC y los sistemas de unión propuestos. La matriz está compuesta por una casilla correspondiente a los criterios, una casilla de Peso referente al porcentaje asignado a cada criterio según su importancia, la casilla de puntuación correspondiente a un valor de 1 a 5 asignado a cada concepto comparados con la referencia (1 es mucho peor que la referencia, 3 igual que la referencia y 5 mucho mejor que la referencia), la casilla total es el producto entre la puntuación y el peso, finalmente se encuentra la sumatoria ponderada de los totales por cada concepto, éste valor es el que nos permitió decidir el concepto a seleccionar y su posterior paso a la prueba de concepto.

Figura 75. Matriz de selección de concepto



Criterios de selección	Peso	Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3		Concepto 4		Concepto 5	
		Punt.	Total	Punt.	Total	Punt.	Total	Punt.	Total	Punt.	Total
Producción	30 %										
Facilidad de manufactura	15	3	45	1	15	4	60	2	30	2	30
Estandarización	5	3	15	3	15	3	15	3	15	2	10
Bajo costo	10	3	30	2	20	4	40	3	30	1	10
Durabilidad	20%										
Resistencia al ambiente	12	3	36	1	12	3	36	2	24	2	24
Resistencia a cargas	8	3	24	2	16	3	24	2	16	3	24
Estructura	15%										
Fácil ensamble	10	3	30	2	20	2	20	2	20	3	30
Fácil instalación	5	3	15	4	20	3	15	3	15	3	15
Comodidad	15%										
Superficie de asiento	10	3	30	2	20	3	30	2	20	3	30
Dimensiones	5	3	15	4	20	2	10	5	25	2	10
Uso	10%										
Claro lenguaje de uso	7	3	21	4	28	3	21	5	35	2	14
Bajo mantenimiento	3	3	9	1	3	3	9	2	6	3	9
Formal Estético	10%										
Atractivo visual	7	3	21	3	21	4	28	4	28	4	28
Variación de composiciones	3	3	9	1	3	4	12	2	6	3	9
Sumatoria			300		213		320		270		243
Continua para prueba			Si		No		Si		No		No

RESULTADOS.

El concepto 1 (geométrico) y el concepto 3 (Curvo) obtuvieron las mejores puntuaciones, presentando un alto potencial para el desarrollo de más alternativas basadas en cada concepto. Por tal motivo se sigue trabajando y evolucionando para la prueba de conceptos, con el fin de establecer la línea de productos.

7.2.8 Prueba de concepto. La prueba de concepto tiene como objetivo analizar el comportamiento del ensamblaje entre los componentes que configuran los conceptos del mobiliario 1 y 3 mediante la creación de un modelo físico con las características funcionales del mismo.

- **Comunicación del concepto.**

Corresponde a la elaboración del modelo funcional el cual sirve de guía para el refinamiento del concepto o conceptos planteados.

Concepto Geométrico: el desarrollo de este concepto se centra en la configuración formal generada mediante la interacción de la tubería de 3 pulgadas nominal la cual se presenta en mayor cantidad como se observa en la etapa de información; estandarizada en tramos de 22 cm de longitud y el sistema de unión *módulo triangular* diseñada en la etapa anterior, con el fin de establecer para el asiento del mobiliario una *altura poplítea de 44,6 cm correspondiente al percentil 50 de una población masculina de un rango de edad comprendido entre 15 a 31 años.*¹⁷ Dicha configuración permite generar mobiliario modular, el cual mediante la interacción de varios elementos (módulos) da lugar a diferentes combinaciones que permiten extender el mobiliario en diferentes direcciones, interactuando así con la geometría y espacialidad del lugar de implantación.

El asiento consta de una superficie lisa y con bordes redondeados con la intención de generar sensación de seguridad y confort en el usuario, evitando el apoyo directo sobre la superficie de los tubos.

Figura 76. Proceso de elaboración del modelo funcional-Concepto 1 geométrico



¹⁷ MARADEI GARCÍA, María Fernanda; Op. Cit., p. 102.

Se tomó del principio geométrico la forma de rombo como módulo, esta figura geométrica permite crear diferentes composiciones formales para interactuar con el entorno. La tubería de PVC funciona como elemento estructural y da soporte al mobiliario.

Figura 77. Modelo funcional -concepto geométrico.



Concepto Curvo: Este concepto se desarrolla mediante la interacción de tubería de diferentes diámetros (2, 3, 4 y 6 pulgadas nominal) cortados a una longitud de 40 cm unidos mediante el sistema de unión *pasador* diseñado en la etapa anterior, el cual mantiene los tubos en una posición fija. Se busca establecer para el asiento del mobiliario una *altura poplítea de 40,6 cm correspondiente al percentil 50 de una población femenina de un rango de edad comprendido entre 15 a 31 años*¹⁸. El asiento consta de una superficie lisa y con bordes redondeados con la intención de generar sensación de seguridad y confort en el usuario, es decir, no se apoya directamente sobre la superficie de los tubos.

¹⁸ *Ibíd.*

Figura 78. Proceso de elaboración del modelo funcional del concepto 3 curvo.



Se diseñó un elemento de mobiliario a partir del concepto curvo; su característica modular permite la generación de diversas propuestas en cuanto a la disposición espacial. Se utilizó cartón y madera para construir un modelo del asiento. La tubería de PVC de distintos diámetros se distribuye estratégicamente dentro del módulo cumpliendo una función estructural.

Figura 79. Modelo funcional concepto curvo.



- **Prueba ergonómica.**

Para evaluar las variables ergonómicas: seguridad, confort y eficiencia de cada concepto, se presentaron los modelos físicos funcionales elaborados anteriormente a usuarios potenciales. Mediante un formato de encuesta (Ver anexo D) y la interacción directa usuario-producto se obtuvo información acerca de las necesidades, expectativas y grado de satisfacción del usuario.

Figura 80. Prueba ergonómica de conceptos



Variable Seguridad: Evidentemente los conceptos de mobiliario responden de manera óptima en relación al uso, puesto que la tubería de PVC junto con los demás componentes soportan de manera eficiente el peso de los usuarios como se muestra en la figura 80. Así por ejemplo, para el concepto geométrico, el peso máximo aplicado sobre la superficie del asiento durante la prueba técnica fue de 95 kg; éste peso se distribuye en 36 tubos de diámetro 3 pulgadas nominal, es decir, cada tubo soporta un peso de 2,63 kg lo cual es ideal ya que cada tubo de este diámetro soporta una carga máxima de 3161,16 Kg en su límite elástico determinado por el estudio del material. (Ver Anexo B).

Variable Confort: El concepto curvo presentó una mayor aceptación con respecto a la adaptación al usuario, debido a que la altura de asiento para este concepto fue de 40,6 cm; mientras que en el concepto geométrico fue de 44,6 cm. Los participantes de la prueba manifestaron una mayor conformidad fundamentados en el hecho que la altura establecida en el concepto curvo se adapta de manera más eficiente a un rango más amplio de usuarios según su edad y estatura (incluyendo dentro de este a niños y adultos mayores).

En relación al uso de los dos conceptos de mobiliario, los usuarios no presentan fatiga alguna debido a que son utilizados como elementos de descanso, razón por la cual su uso es ocasional y por períodos cortos de tiempo.

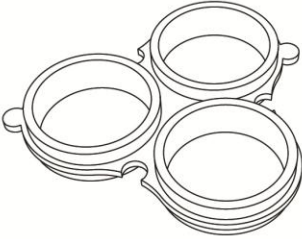
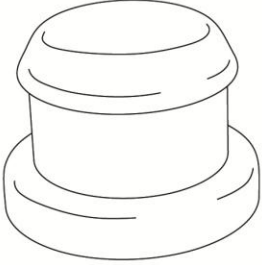
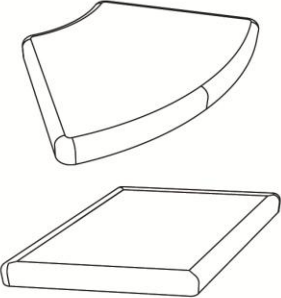
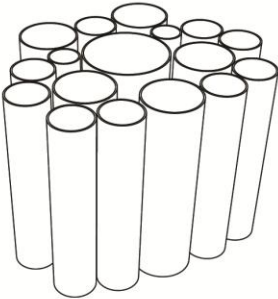
Variable Eficiencia: los participantes de la prueba, reconocieron de manera inmediata la función sensible de cada concepto, interpretando correctamente la función como elementos de mobiliario. Ambos conceptos se adaptan a la población para la cual fueron diseñados; las alturas de asiento y sus profundidades fueron las adecuadas según los percentiles mencionados anteriormente.

- **Prueba Técnica.**

Objetivo: Analizar el comportamiento medido en resistencia, de los componentes que conforman cada uno de los conceptos de mobiliario.

Procedimiento: Para cada uno de los conceptos escogidos se realizó un modelo digital 3D utilizando el software SolidWorks 2014; con el fin de analizar las deformaciones unitarias, tensiones y desplazamientos mediante concentraciones de esfuerzos presentes en el entorno de SolidWorks Simulation. La figura 81 muestra las características y el material aplicado a cada una de las piezas del ensamblaje que conforman el mobiliario.

Figura 81. Propiedades de los materiales en SolidWorks.

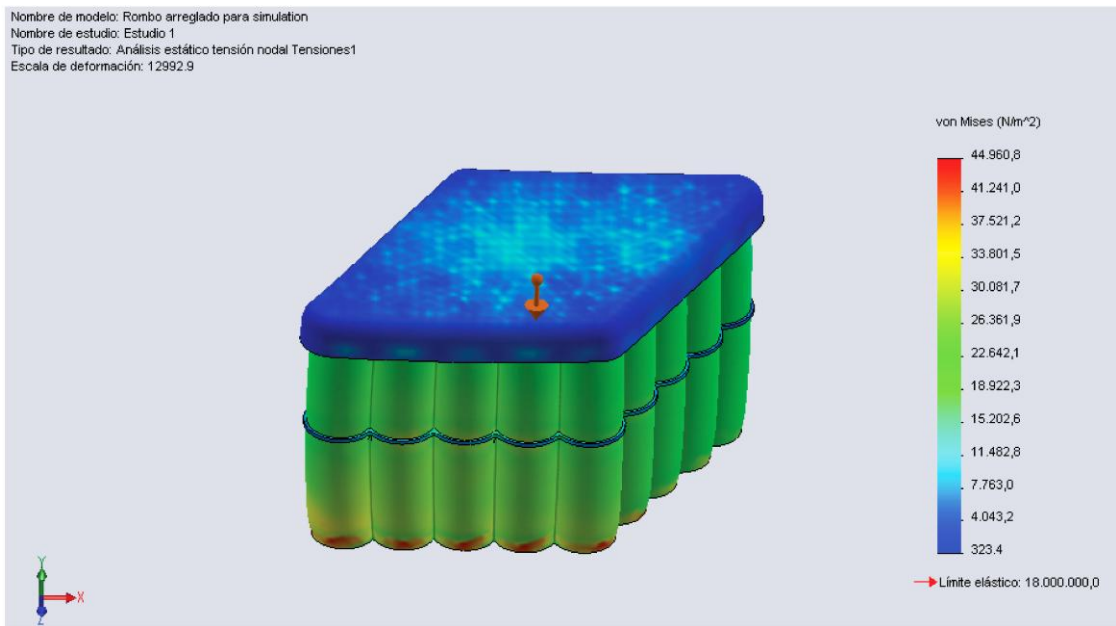
PIEZA		Propiedades del material (SolidWorks)		
Polipropileno		Propiedad	Valor	Unidades
		Módulo elástico	896000000	N/m ²
		Coefficiente de Poisson	0.4103	N/D
		Módulo cortante	315800000	N/m ²
		Densidad de masa	890	kg/m ³
CauchoVulcanizado		Propiedad	Valor	Unidades
		Módulo elástico	10000	N/m ²
		Coefficiente de Poisson	0.45	N/D
		Módulo cortante		N/m ²
		Densidad de masa	960	kg/m ³
Fibra de vidrio reforzada		Propiedad	Valor	Unidades
		Módulo elástico		N/m ²
		Coefficiente de Poisson		N/D
		Módulo cortante		N/m ²
		Densidad de masa	2520	kg/m ³
Tubo de PVC ensayado		Propiedad	Valor	Unidades
		Módulo elástico	2410000000	N/m ²
		Coefficiente de Poisson	0.3825	N/D
		Módulo cortante	866700000	N/m ²
		Densidad de masa	1300	kg/m ³
	Límite de tracción	40700000	N/m ²	
	Límite de compresión	17100000*	N/m ²	
	Límite elástico		N/m ²	
	Coefficiente de expansión térmica		/K	
	Conductividad térmica	0.147	W/(m·K)	
	Calor específico	1355	J/(kg·K)	
	Cociente de amortiguamiento del material		N/D	

*Valor práctico obtenido en los ensayos mecánicos de compresión, correspondiente al punto S_y (17.10 MPa) en el límite elástico. (Ver Anexo B).

Condiciones de la simulación: Cada ensamblaje fue sometido a una carga distribuida en la zona superior de la tapa o asiento; para simular el peso del usuario debido al uso del mobiliario, se introdujo un dato de 100 kg en el simulador, (superior al peso de una persona promedio de 1.80 m) para analizar el comportamiento de los componentes del ensamblaje y las zonas con mayor concentración de esfuerzos, las deformaciones que se presentan y determinar un factor de seguridad para el mobiliario. El software asocia valores numéricos a una escala de color cuyos valores máximos y mínimo se ven representados por los colores rojo y azul respectivamente para el análisis de tensiones Von Mises, el desplazamiento y la deformación unitaria; para el factor de seguridad se invierte la representación siendo el color rojo el mínimo y el azul el valor máximo.

- **Para el concepto geométrico.**

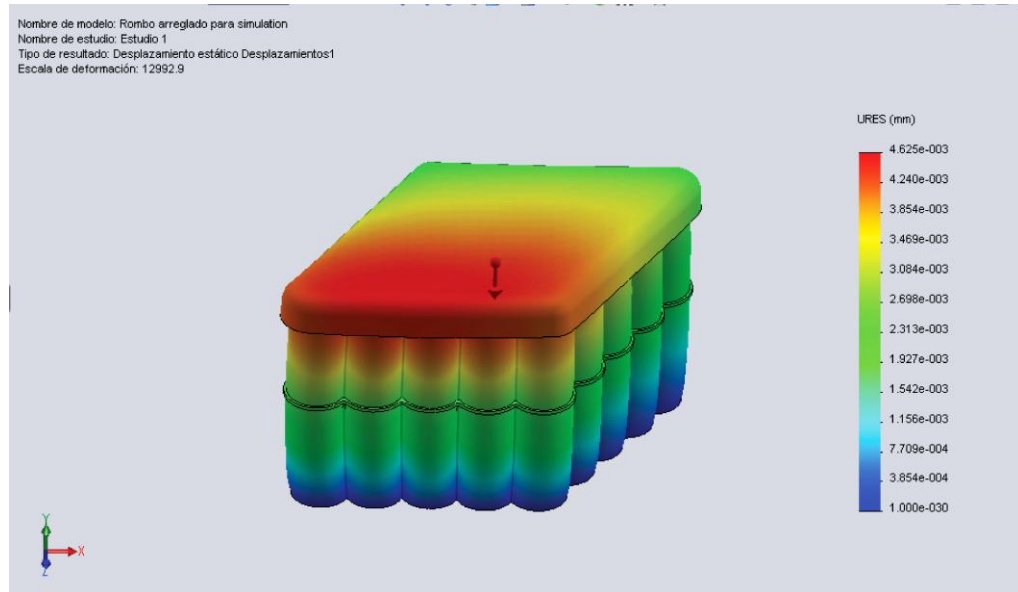
Figura 82. Análisis de Tensiones Von Mises. Concepto geométrico



Como se muestra en la figura 82, el esfuerzo máximo soportado por el elemento de mobiliario cuando se somete a una carga externa distribuida en la superficie del asiento de 100 kg es de 44.960,8 N/m², es decir, 0,044 MPa lo cual es muy inferior

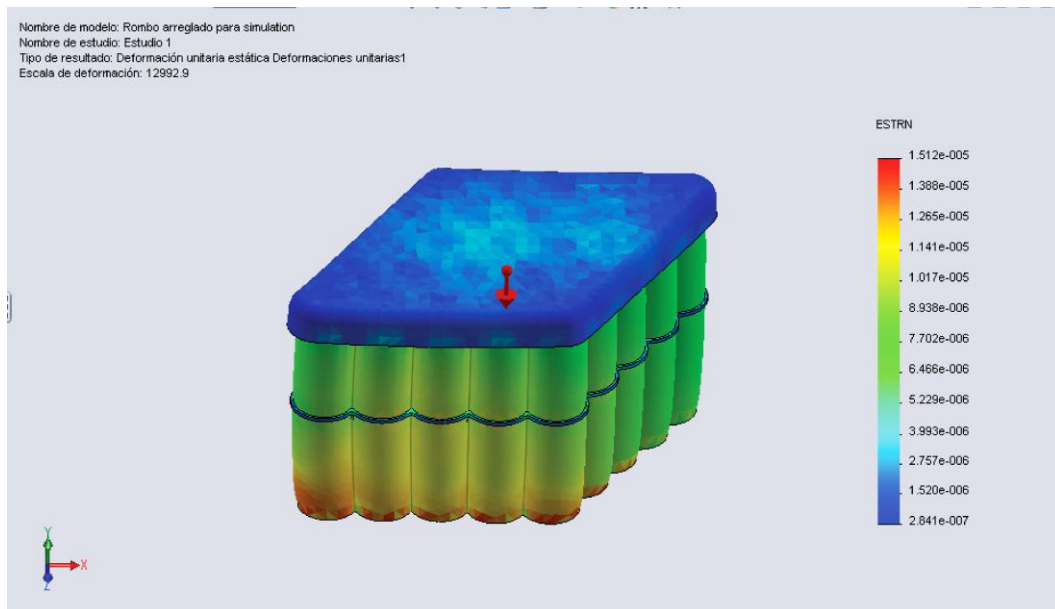
a los 17,10 MPa en el punto Sy, obtenidos en los ensayos realizados. Esto indica un óptimo comportamiento del producto en relación al uso.

Figura 83. Análisis de desplazamiento. Concepto geométrico.



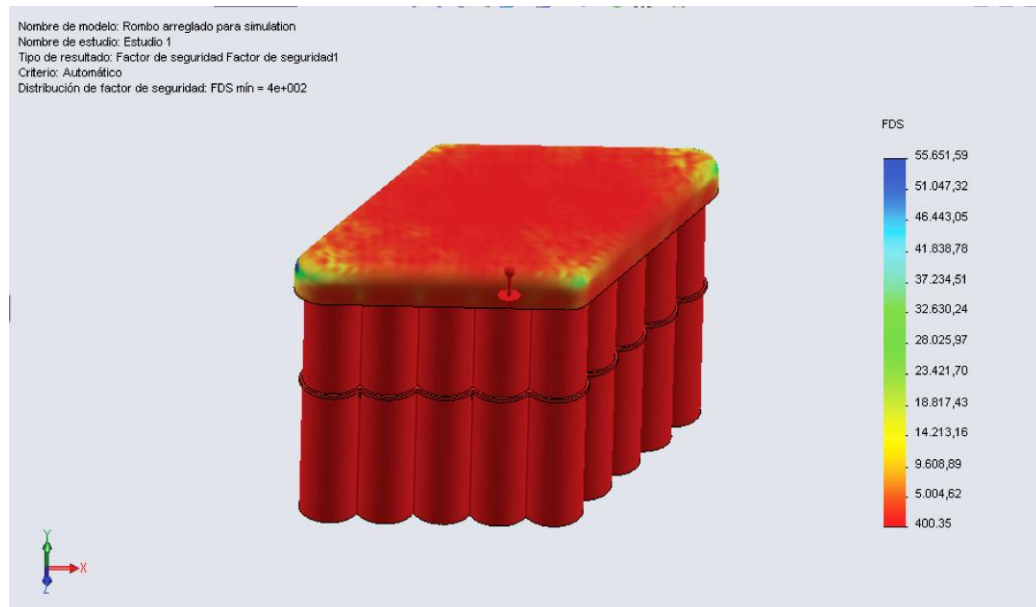
Los desplazamientos máximos que se presentan en el elemento del mobiliario son del orden de 10^{-3} lo cual es imperceptible para el usuario.

Figura 84. Análisis de deformaciones unitarias. Concepto geométrico.



Como se observa en la figura 84, la deformación máxima del elemento se observa en la parte inferior o base cuyo valor corresponde a 0.00001512; además, esta deformación se encuentra dentro de la zona elástica. (Ver Anexo B).

Figura 85. Factor de seguridad. Concepto geométrico.

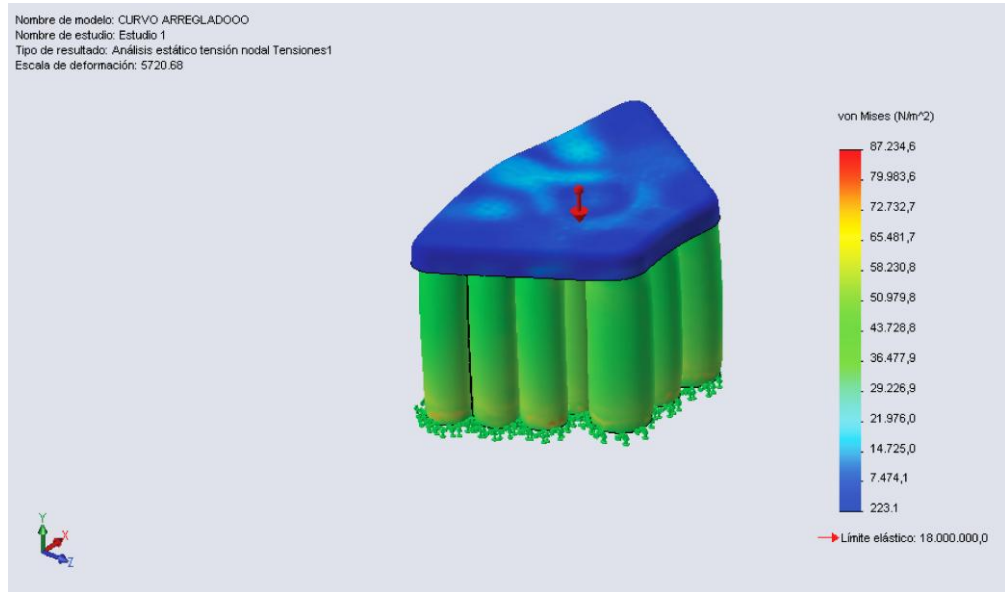


De esta simulación se observa un factor de seguridad de 400 lo cual hace del mobiliario un producto de uso confiable ya que este valor debe encontrarse por encima de 1.

Los resultados de la simulación confirman las excelentes propiedades de la tubería de PVC ante cargas de compresión, lo que puede dar lugar a otras aplicaciones en el futuro ya que los esfuerzos soportados son bastante altos, en contraste, las deformaciones que se presentan son muy mínimas incluso pueden ser imperceptibles por los usuarios. Los componentes ensamblados funcionan de manera óptima ya que los desplazamientos que se presentan no son amenaza para la composición estructural de los elementos de mobiliario.

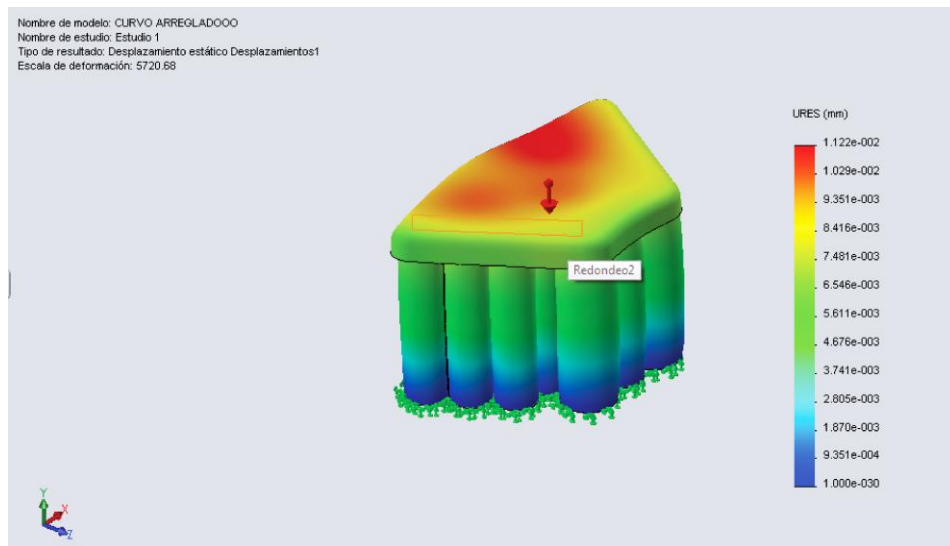
- **Para el concepto curvo.**

Figura 86. Análisis de tensiones Von Mises. Concepto curvo.



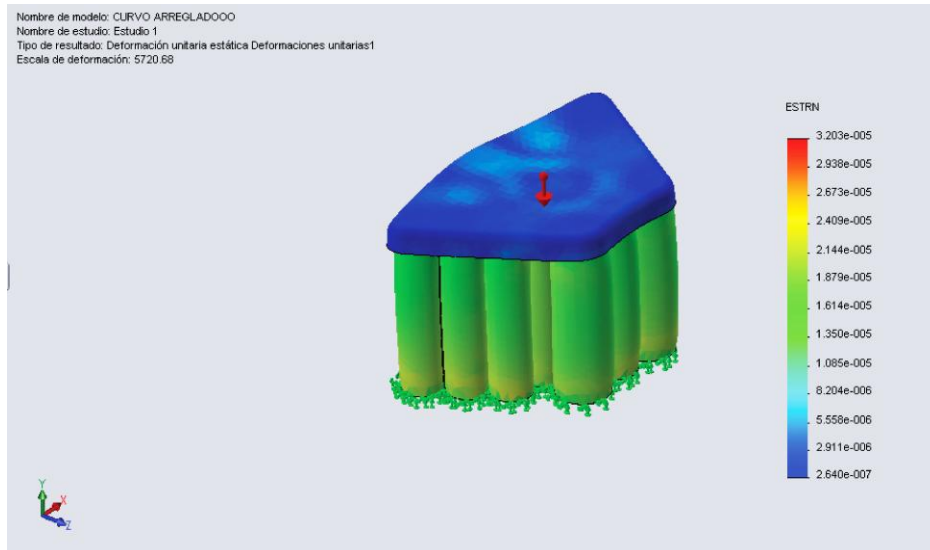
Como se muestra en la figura 86, el esfuerzo máximo soportado por el elemento de mobiliario cuando se somete a una carga externa distribuida en la superficie del asiento de 100 kg es de 87.234,6 N/m², es decir, 0,087 MPa lo cual es muy inferior a los 17,10 MPa en el punto Sy, obtenidos en los ensayos realizados. Al igual que en el concepto geométrico existe un comportamiento óptimo del producto en relación al uso.

Figura 87. Análisis de desplazamiento. Concepto curvo.



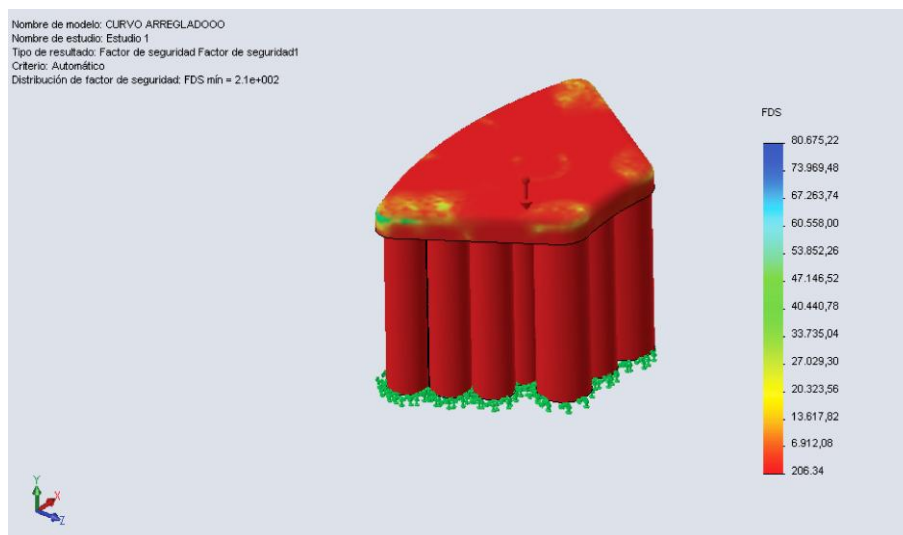
Los desplazamientos máximos que se presentan en el concepto curvo son un poco mayores y obedecen al orden de 10^{-2} lo cual también es imperceptible para el usuario.

Figura 88. Análisis de deformaciones unitarias. Concepto curvo.



Como se observa en la figura 88, la deformación máxima del elemento se observa en la parte que está en contacto con la superficie o suelo, cuyo valor corresponde a 0.00003192; mayor que en el concepto geométrico pero de igual manera esta deformación se encuentra dentro de la zona elástica. (Ver Anexo B).

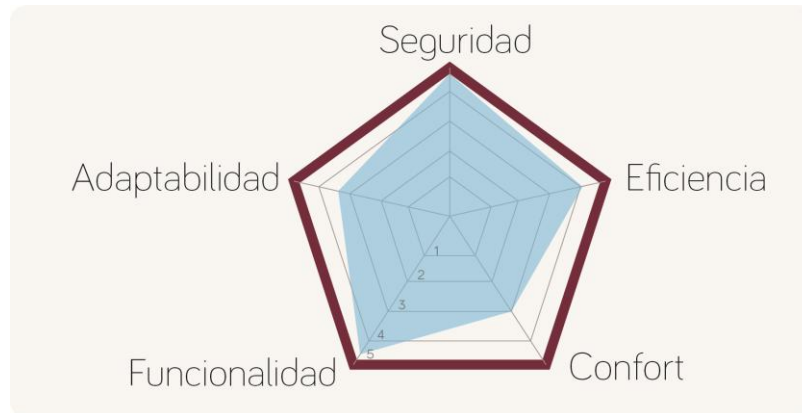
Figura 89. Factor de seguridad. Concepto curvo.



Para el concepto curvo se puede apreciar un factor de seguridad de 200, lo cual hace confiable la creación de elementos de mobiliario utilizando diámetros diferentes y generando formas curvas. Se decide utilizar este valor para todos los diseños, considerando que es acertado para las diferentes propuestas de mobiliario.

7.2.9 Análisis de datos y retroalimentación. Prueba ergonómica: La siguiente gráfica muestra el grado de aceptación de los usuarios que participaron quienes aportaron con sus opiniones y sugerencias en pro del mejoramiento y refinamiento de los conceptos evaluados.

Figura 90. Aceptación prueba ergonómica.



Se puede apreciar que en términos de seguridad y funcionalidad, los conceptos de mobiliario (geométrico y curvo) se encuentran bien definidos; en contraste la adaptabilidad y el confort, presentan una aceptación media, razón por la cual se procede al refinamiento de los conceptos.

Con el fin de satisfacer de una manera más óptima las necesidades de la población, se opta por ajustar a 40.6 cm. la altura de asiento en ambos conceptos, basados en la experiencia que suministró la interacción usuario-producto durante el desarrollo de las pruebas. Para las etapas siguientes se refinan detalles de acabado en los modelos funcionales para continuar con el desarrollo del proyecto.

Prueba Técnica: el análisis de tensiones Von Mises realizado en SolidWorks simulation arrojó resultados positivos; se puede concluir que el ensamblaje es resistente a cargas aún superiores al peso de un usuario promedio, razón por la cual el desplazamiento de los componentes en la dirección de la fuerza aplicada es casi nulo.

Las deformaciones unitarias que se producen son del orden de 10^{-5} , estos valores se ubican en la zona elástica y son imperceptibles por el usuario.

7.2.10 Arquitectura del producto. En esta etapa se asignan los componentes del producto, las figuras 91 y 92 presentan una vista explosionada de cada concepto de mobiliario, resaltando los componentes estructurales determinados para cada producto.

Figura 91. Vista explosionada concepto geométrico.

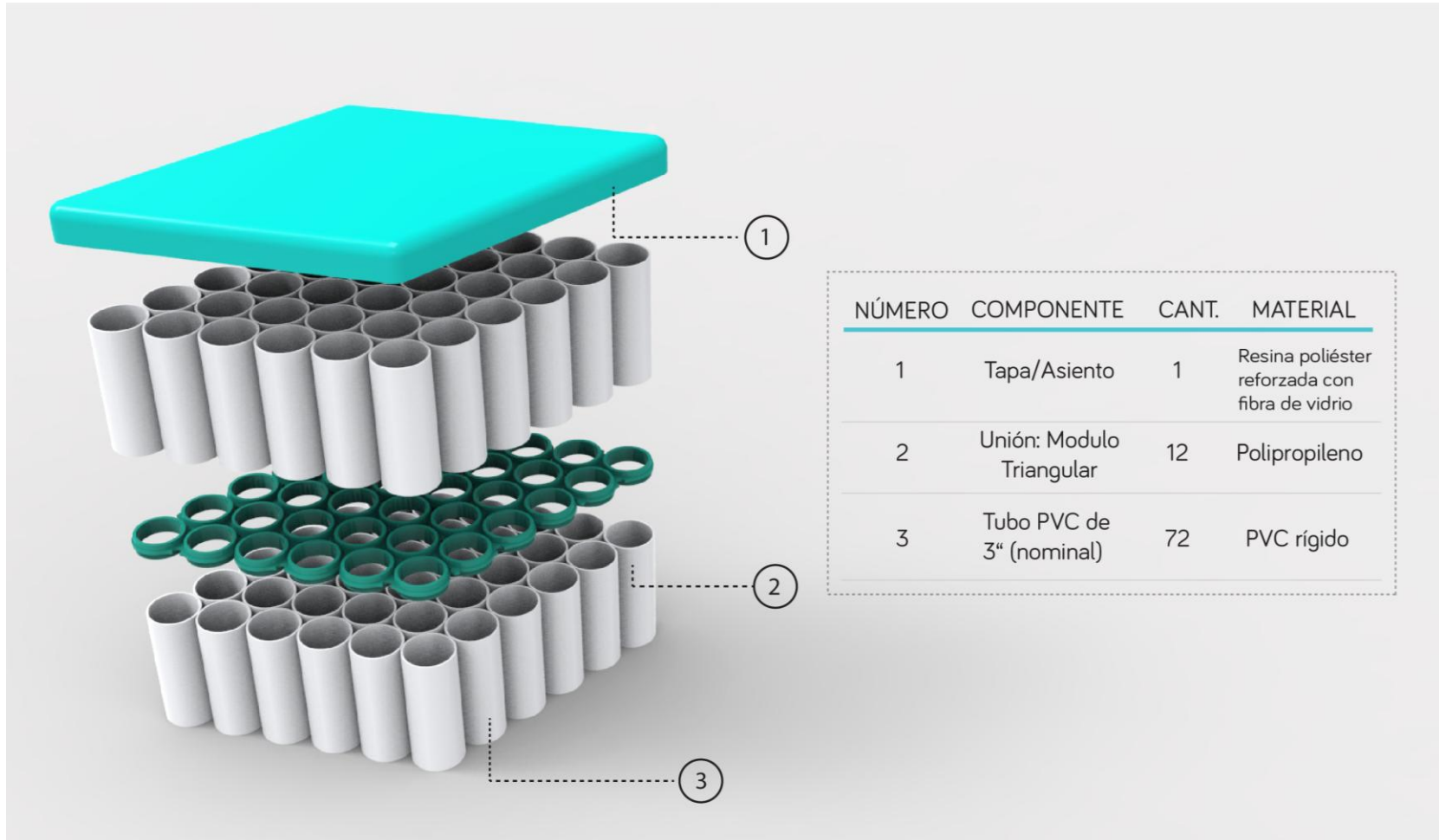
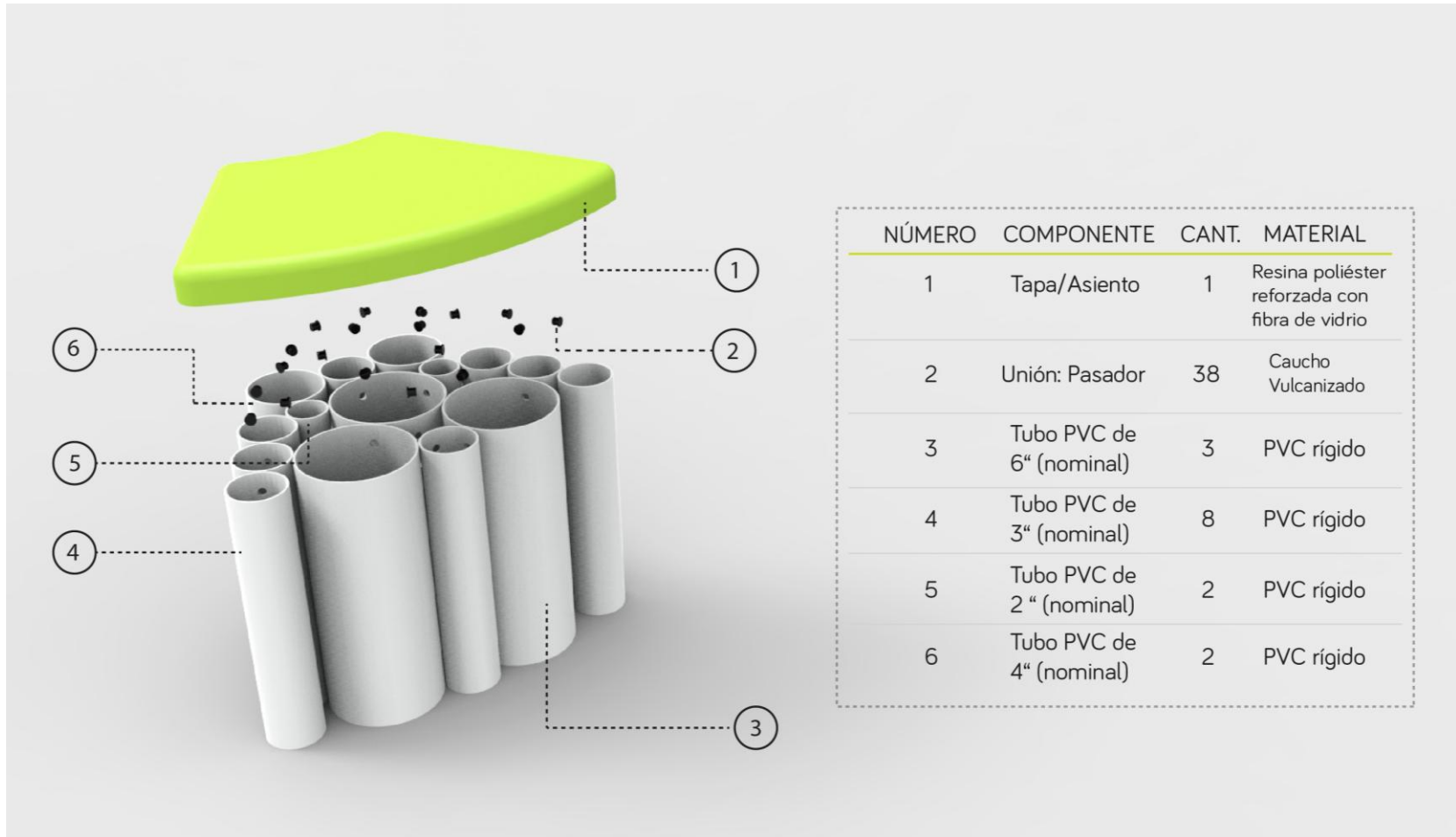


Figura 92. Vista explosionada concepto curvo.



7.2.11 Disposición geométrica aproximada. Se presentan los planos técnicos para cada concepto. (Ver Anexo E).

7.2.12 Materiales y tecnología.

Asiento: se propone el material en Resina poliéster reforzado con fibra de vidrio (RPFV). La selección parte de las características y propiedades que nos brinda el material, la RPFV actualmente tiene muchos usos dentro de una variedad de campos como la carrocería, la náutica, campo agrícola e industrial. Sus beneficios residen principalmente en su resistencia a la corrosión e intemperie, resistencia mecánica, rápida cura y viabilidad de uso, bajo costo de producción, entre otros. Al mezclarse la fibra de vidrio con la resina plástica se logra complementar atributos característicos de los elementos (solidez y estabilidad química del vidrio junto con la resistencia al impacto del plástico), adicionalmente logra ser un muy buen aislante eléctrico y térmico.¹⁹

El punto clave de la escogencia está en el cumplimiento con los requerimientos técnico-productivos, ya que permite una producción a nivel local a bajo costo, representado en el molde y cantidad de piezas a producir, además de presentar un excelente acabado liso, y considerables resistencias a factores climáticos adversos y esfuerzos mecánicos. Ambientalmente es un material que no representa riesgo biológico, por su alta resistencia a la corrosión y su ciclo de vida es elevado.

Muchas empresas están implementado la RPFV como material clave para elaboración de mobiliario para exteriores, aprovechando su versatilidad y facilidad para la creación de formas, excelentes acabados sin presentar riesgo de incomodidad hacia los usuarios gracias a la superficie. A continuación algunas otras características y propiedades de la RPFV: Facilidad de manejo de

¹⁹ ARBOLEDA, Orlando. Aplicación de plástico reforzado con fibra de vidrio a partes de ingeniería. Tesis de Tecnólogo Mecánico, Universidad Tecnológica de Pereira, 2007, p. 38 [en línea]. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1119/1/6201923A666ap.pdf> [citado 18 de Abril de 2015]

componentes, excelente estabilidad dimensional, facilidad de acabado y bajo mantenimiento.

Tabla 21. Propiedades mecánicas de la RPFV. (Starplas, 2015)

Propiedades PRFV	
Densidad: 1,8 Kg/dm ³	Dureza Barcol: 35/45
Resistencia axial: 4,9 Kg/mm ²	Coef. conductividad térmica: 0,15-0,20 Kcal/hm°C
A tracción circunf: 17,0 kg/mm ²	Resistencia eléctrica: 1011 Ohm/cm
A compresión circunf: 6,9 Kg/mm ²	Resistencia de impacto: 20 Joule
A flexión circunf: 17,0 Kg/mm ²	Coef. dilatación lineal: 15x10 ⁻⁶
Módulo de elasticidad: 1,7105 Kg/mm ²	Presión del test: 1,5 veces PS

Acabados superficiales: Para la tubería se propone aplicar un recubrimiento con pintura de poliuretano, por su excelente acabado plástico y excelente resistencia a factores ambientales adversos, además de la resistencia a la corrosión. La elección parte del acabado que le brinda un alto valor estético, de limpieza, novedad, alta gama de colores y una frecuencia mínima de mantenimiento sobre la superficie.

7.2.13 Diseño para manufactura. La manufactura de los productos se divide en tres grupos de procesos correspondientes a los componentes que lo conforman: La pieza de unión, la tubería de PVC y el asiento. En el diagrama a continuación se muestran los procesos en su respectivo orden seguido del sistema de ensamble entre componentes como etapa de producción para la obtención de nuestro producto terminado.

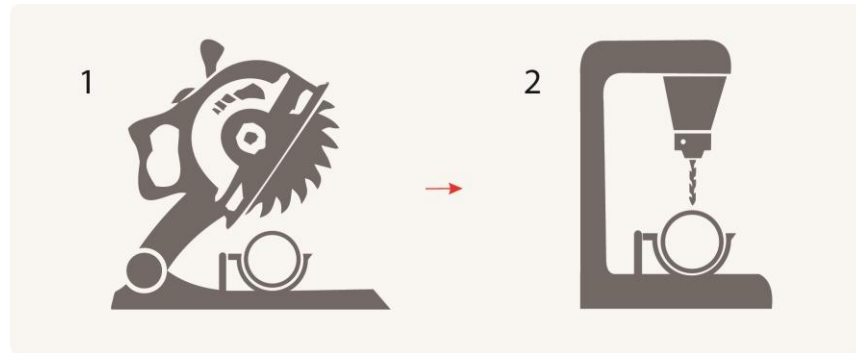
Figura 93. Proceso de manufactura para elementos de mobiliario.



Pieza de unión: Su producción consiste en la fabricación del molde en acero seguido de la inyección de la materia prima para el material de la pieza según el tipo de unión (pasador o modular).

Tubería de PVC: Posterior a los procesos de recolección y limpieza, la tubería pasa al proceso de corte perpendicular al eje mediante una sierra de disco, para obtención de cantidades y longitudes necesarias por producto, el proceso a seguir consiste en la perforación de agujeros mediante taladrado de árbol y una guía a aquellos tubos a ensamblar con la unión de tipo pasador (el diámetro de perforación se indica en los planos), los procesos finales se fundamentan en el acabado de la tubería, consistiendo en la aplicación de pintura base y finalmente, la aplicación de pintura de poliuretano correspondiente al acabado superficial.

Figura 94. Proceso de manufactura para la tubería de PVC.

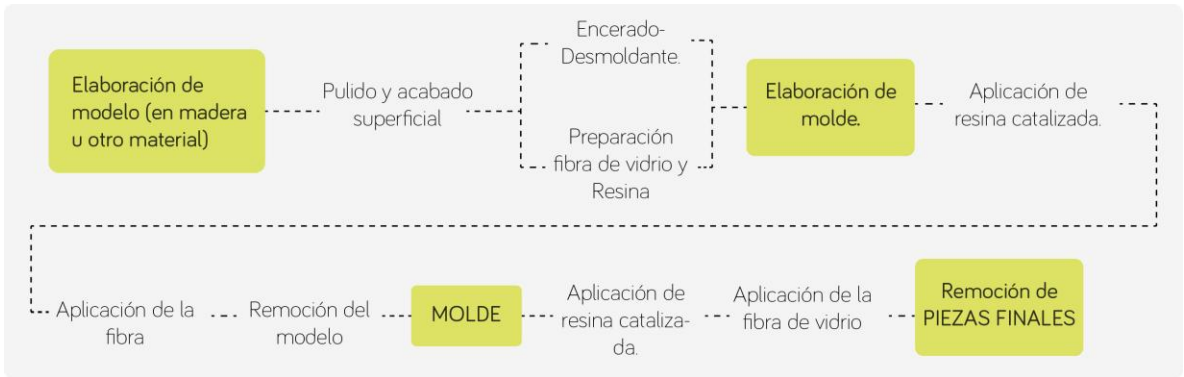


Asiento: Su producción parte con la elaboración del modelo o pieza original, con este se construye el molde para la reproducción de las piezas en resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Para la fabricación de estas piezas consta de los siguientes componentes: Cera desmoldante, película separadora, Gel Coat o plastiesmalte (responsable del acabado liso), resina poliéster, catalizadores y fibra de vidrio. Además se necesitan herramientas como espuma, brochas o reodillos para aplicación y recipientes.

De forma general el proceso para la fabricación del molde se describe de la siguiente manera en ese orden: Elaboración de modelo en madera, pulido y fiel a la forma que se quiere. Encerado para desmolde. Aplicación de película separadora. Una vez seca la película, se aplica el acabado Gel coat con catalizador para su endurecimiento. Preparación de fibra de vidrio (en pedazos para contornos) para moldeo. Aplicación de resina catalizada sobre el Gel coat para adherencia de la fibra. Aplicación de fibra de vidrio. Aplicación de nueva capa de resina hasta mojar la fibra de vidrio en su totalidad. Remoción del modelo.

Figura 95. Diagrama proceso de manufactura del asiento.



Ensamble inicial: consiste en el acople de la tubería y el sistema de unión correspondiente, ya sea de inserción para la unión modular o de intersección para la unión pasador. Para un ensamble más eficaz, se refuerza en puntos estratégicos de contacto con soldadura de PVC como aditivo complementario.

Figura 96. Esquema de ensamble inicial- Concepto geométrico.

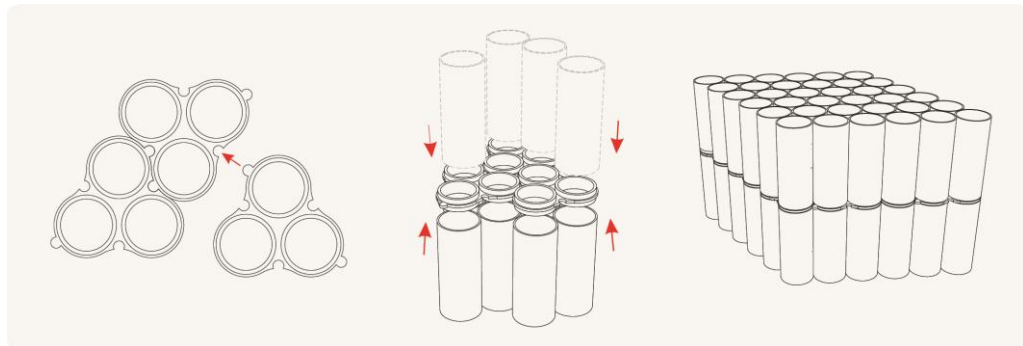
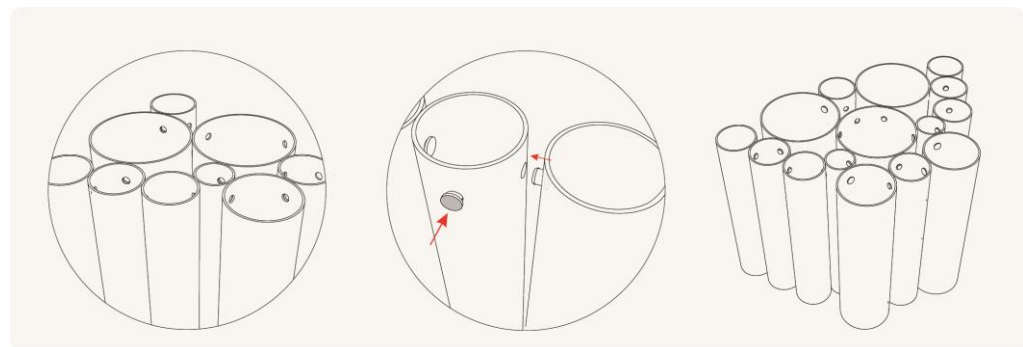
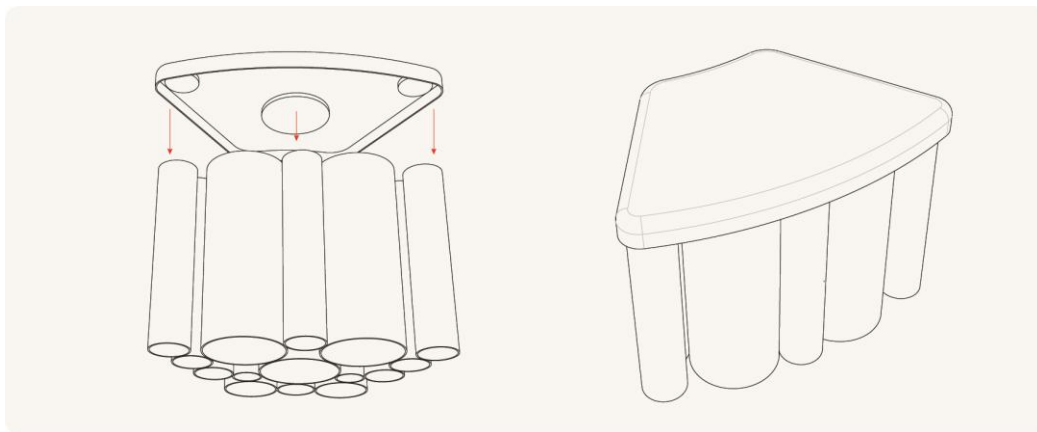


Figura 97. Esquema de ensamble inicial-Concepto curvo.



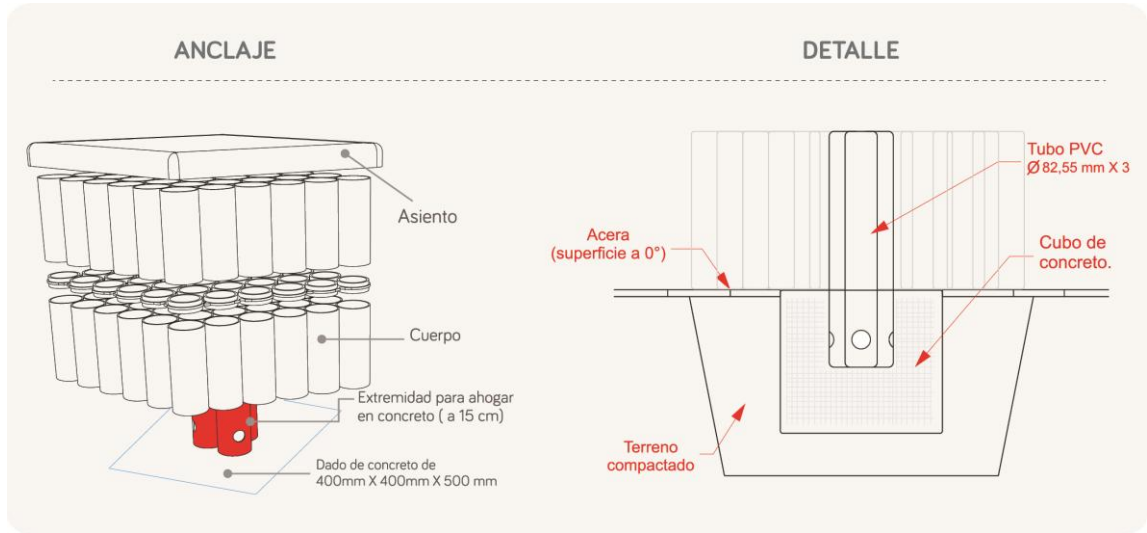
Ensamble final: Se basa en la adecuación del asiento sobre la estructura de PVC (ensamble inicial) mediante inserción y refuerzo con resina poliéster. La cara inferior del asiento presenta unas salientes las cuales encajan con el diámetro interior de algunos tubos, funcionando como una unión macho-hembra, como se muestra en la figura 98. Se realiza de igual forma para los dos conceptos.

Figura 98. Ejemplo del ensamble final del concepto curvo.



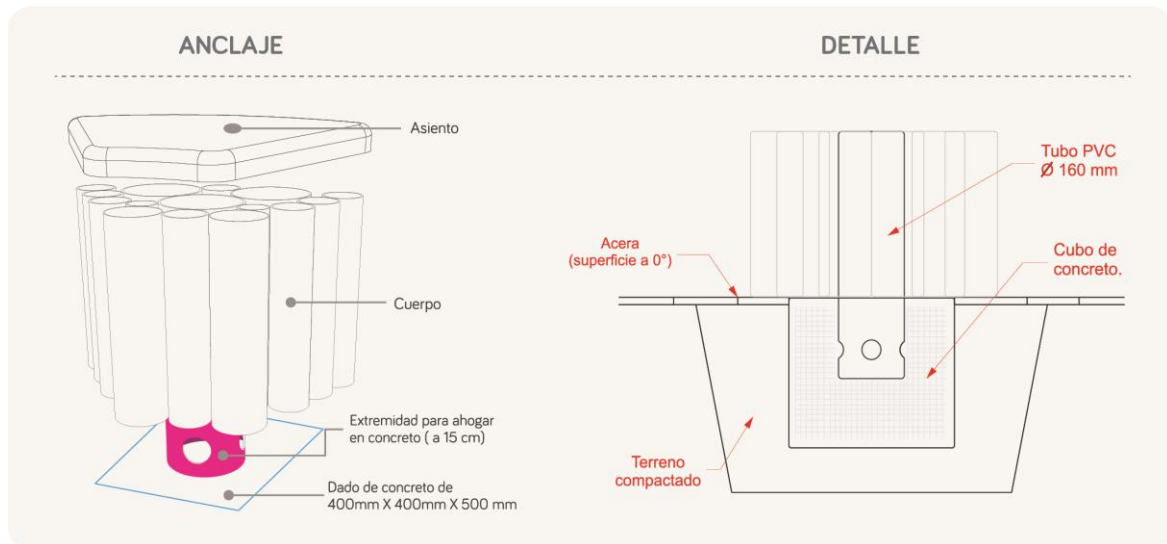
Instalación: Para garantizar la estabilidad del mobiliario, se determina el empotramiento de la pieza como sistema de anclaje, debido a que la geometría del tubo permite una instalación sencilla y firme; evitando el uso de elementos complementarios.

Figura 99. Detalle del anclaje- Concepto geométrico.



Para el anclaje del elemento geométrico, tres de los tubos centrales poseen una longitud extra de 15 cm sobre el nivel del suelo; cada uno se perfora en sus extremos para garantizar que el concreto vertido en el dado se ubique rodeando tanto la superficie exterior como las paredes del interior del tubo.

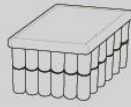

Figura 100. Detalle del anclaje- Concepto curvo.



En el elemento curvo, el tubo central posee una longitud adicional de 15 cm y cuenta con tres perforaciones a 120° para ahogar en un dado de concreto lo que permite el empotramiento; cabe resaltar que la instalación de los elementos de mobiliario se realizará sobre una superficie plana y uniforme con una angulación de 0° con respecto al plano horizontal.

7.2.14 Aproximación de costos. La estimación de costos se hizo de manera aproximada para producción de una sola unidad, mediante cotizaciones solicitadas a empresas locales, cuyos servicios incluyen la fabricación de las piezas necesarias para el producto, como la fabricación de moldes e inyección de plásticos, fabricación de moldes con producción de piezas en poliéster reforzadas con fibra de vidrio y empresas que ofrecen corte y mecanizado de materiales.

Tabla 22. Costos aproximados de manufactura.

	MODELO 1: GEOMETRICO 			MODELO 2: CURVO 		
	cantidad	valor unitario	valor total	cantidad	valor unitario	valor total
UNION						
Molde	1	\$6'000.000	\$6'000.000	1	\$150.000	\$150.000
Pieza inyectada c/u	6	\$6.000	\$36.000	30	\$1.000	\$30.000
ASIENTO						
Molde	1	\$310.000	\$310.000	1	\$300.000	\$300.000
Pieza producida c/u	1	\$92.000	\$92.000	1	\$60.000	\$60.000
TUBERÍA						
Mecanizado por producto			\$40.000			\$21.000
Acabados por producto			\$25.000			\$20.000
ENSAMBLE						
Mano de obra por producto			\$2.500			\$2.100
VALOR TOTAL			\$6'505500	\$583.100		
(PARA PRODUCIR LA PRIMERA UNIDAD DE LA SERIE)						

A medida que aumenta la cantidad de unidades a producir, los costos de producción disminuyen, ya que las siguientes piezas no requieren un molde nuevo, y por parte de las empresas proveedoras, a mayor cantidad de componentes a comprar, se disminuye el costo de estos.

7.2.15 Imagen del producto. Se compone de un isologotipo y un eslogan, como se muestra a continuación.

Figura 101. Imagen del producto.



Isotipo: el objetivo de la imagen es mostrar una relación de amistad entre la tubería residual y el césped (representación del medio ambiente), haciendo alusión al uso del tubo por encima del suelo, y no por debajo como lo es actualmente en su disposición final.

Logotipo: FURBAN es el nombre para el grupo de productos tipo mobiliario urbano, elaborados en tubería de PVC reutilizada. Surge de los anglicismos future, furniture, urban y fun, pensando en una posible exposición a nivel internacional que permita la versatilidad y adaptación tanto en lengua española como inglesa.

Eslogan: “Mobiliario urbano sostenible” se plantea en base a la idea de referenciar la categoría a la que pertenece el producto.

Tipografía: para el logotipo se utilizó la fuente CODE BOLD modificada; para el eslogan se utilizó la fuente BARIOL THIN.

En conjunto, el objetivo de la imagen es expresar un concepto de modernidad y sostenibilidad, además de evidenciar el tipo de producto que representa. Por el lado de las emociones busca generar sensación de agrado mediante el estímulo de colores vibrantes, formas fluidas y un nombre de fácil recordación.

Figura 102. Paleta de color y escala de grises del isologotipo.



8. ETAPA 4: REALIZACIÓN

8.1 CONSTRUCCIÓN DE MODELO(S) FUNCIONAL.

La tubería de PVC sobrante recolectada en la etapa de información, se utilizó para la construcción de los modelos funcionales cuya elaboración involucró los dos sistemas de unión diseñados en la etapa de creación y su ensamble; además de modelos funcionales de aspecto físico para los asientos. Para ambos modelos, la tubería sobrante fue estandarizada en tramos de igual longitud, según propuesta de cada modelo, posteriormente se ensambló la tubería y los sistemas de unión.

Figura 103. Proceso de corte de tubería.



8.2 RESULTADOS. MODELOS FUNCIONALES.

Figura 104. Modelo funcional curvo.



Figura 105. Modelo funcional geométrico.



9 FINALIZACIÓN.

9.1 FINALIZACIÓN.

9.1.1 Presentación digital del producto.

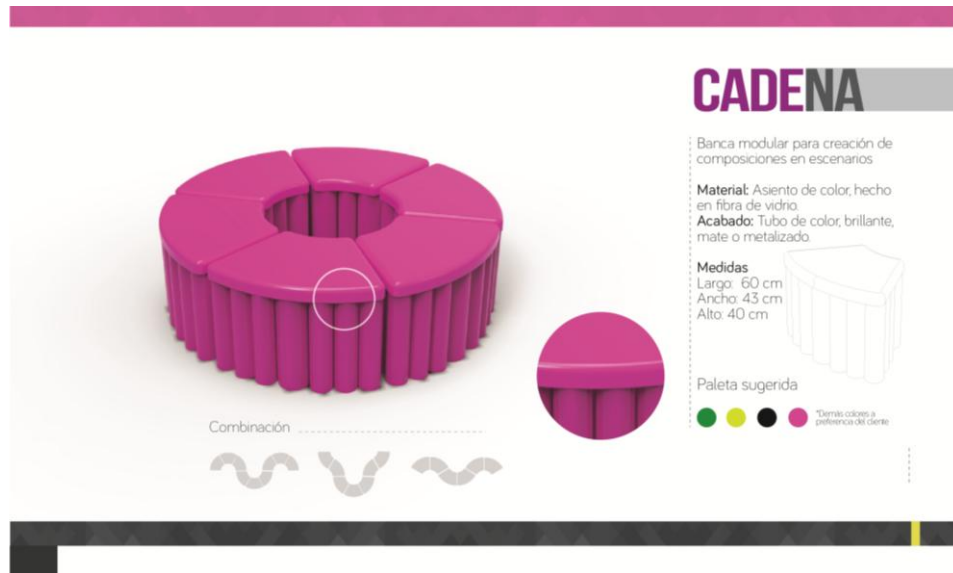
Rombo: es un producto de tipo banca modular de la línea geométrica (Ver Anexo F) diseñada a partir del ensamble del sistema de unión módulo triangular.

Figura 106. Mobiliario rombo.



Cadena: banca modular perteneciente a la línea curva; es una alternativa que juega con las formas, creando interesantes e inusuales configuraciones en el mobiliario, buscando un estilo moderno, colorido y limpio. Utilizando formas continuas carentes de aristas. Esta pieza de mobiliario se caracteriza por el ensamble entre la unión pasador y tubería de PVC de diferentes diámetros.

Figura 107. Mobiliario Cadena.



Para una visualización completa del catálogo de productos ver Anexo F.

Figura 108. Portada catálogo de productos.



9.2 ACEPTACIÓN.

La aceptación por parte de una entidad interesada y cliente potencial se aprecia consultando el Anexo G.

CONCLUSIONES

Se dividen en hallazgos, soluciones y generales.

HALLAZGOS

Fase de información

- En estudio estadístico para la determinación de tubería de PVC recolectada en las obras de la constructora MARVAL S.A., se identificó una diversidad en diámetros y longitudes, de los cuales la longitud mayor registrada no superó los 120 cm, y el diámetro recolectado de mayor cantidad fue el de 3 pulgadas nominal, representando un porcentaje del 42,95 % del material residual almacenado. Estas pautas sirvieron para tener en cuenta en el planteamiento de componentes que hacen parte de la configuración del producto.

Caracterización mecánica de la tubería

- El comportamiento de la tubería ante cargas de compresión varía según la dirección de aplicación de la carga respecto al eje del tubo y según el diámetro del mismo. Este hallazgo se comprobó mediante la aplicación de una carga paralela al eje, donde el tubo de mayor diámetro presentó mayor resistencia mecánica que los diámetros menores; mientras que en la aplicación de cargas perpendiculares al eje del tubo, las piezas de menor diámetro presentaron mayor resistencia mecánica que las de mayor diámetro.

De igual manera cabe recalcar que los valores de esfuerzo en el límite elástico de la tubería (para diferentes diámetros) ante cargas paralelas a su eje, son alrededor de 20 veces mayor a los esfuerzos en el límite elástico, ante cargas perpendiculares, caracterizando así la tubería de PVC con una excelente resistencia de compresión al utilizarse en posición perpendicular al suelo ante cargas paralelas a su eje.

Por otra parte, el cálculo del factor de seguridad indicó un valor por encima de 200 el cual permitió diseñar piezas de mobiliario que se caracterizan por su estabilidad y resistencia, generando así en los usuarios sensación de seguridad y confiabilidad en este tipo de productos.

SOLUCIONES

Fase de creación

- En vista de la gran variedad de tubería recolectada representada en 5 diámetros y diferentes longitudes por diámetro (ver anexo A), se propuso dos sistemas de unión, fundamentado en el máximo aprovechamiento de cantidad posible de tubería. En ese orden de ideas, la unión modular permite prolongar la longitud de tramos de igual diámetro, para formar estructuras de mayor altura mediante el principio de apilamiento, mientras que la unión pasador permite unir tramos de diferentes diámetros con igual longitud. Ambos sistemas posibilitan además, la extensión formal dentro de un plano dimensional X, Y.
- La inclusión de mobiliario en las zonas comunes como valor agregado de las constructoras locales, es una estrategia que se ha venido dando con los años para el amoblamiento urbano de sus proyectos residenciales. De este modo, se encuentran en el mercado gran variedad de elementos de tipo mobiliario urbano principalmente en formas y materiales, pero es un hecho real y motivacional identificar la ausencia de productos elaborados a partir de materiales bajo el concepto de un segundo ciclo de vida. Esto dio lugar a la innovación en diseño de bancas sin espaldar, donde la tubería de PVC actúa como el componente estructural para el soporte de cargas (pesos de los usuarios), aspecto que se determinó en la prueba de resistencia mecánica realizada en la tubería ante cargas a compresión.

Fase de realización y comprobación

- La seguridad y comodidad son los aspectos más importantes para la aceptación en usuarios hacia el uso de bancas. En el proceso para la comprobación de estos requerimientos mediante pruebas ergonómicas, con el apoyo de modelos funcionales, no se evidenció inestabilidad, desajuste o deslizamiento por parte de alguno de los componentes que constituían el modelo, cualidad que se estableció con la precisión y refuerzos aditivos entre el ensamble de la tubería y el sistema de unión, permitiendo al usuario expresar sensación de seguridad y confianza en el uso periódico del producto.
- El ciclo de vida útil de un producto se compone de diversas variables, para el caso de las bancas, prima en la resistencia ante las cargas que representa el peso de los usuarios y la resistencia a los factores climáticos que experimenta la zona en que se implementan. Por ende, se hizo una comprobación técnica a través de simulación en solidworks, parametrizada bajo las condiciones de uso del producto con cargas a compresión. Las deformaciones unitarias presentadas en los elementos de mobiliario se hallaron en el orden de 10^{-5} , lo cual es imperceptible para los usuarios; además de ser una deformación elástica (reversible), dichos valores se ubican muy por debajo del límite elástico obtenido en los ensayos prácticos realizados en el laboratorio.

GENERALES

Aporte del diseño industrial

- Desde un principio, uno de los retos del proyecto fue diseñar un producto con valor estético, ya que culturalmente los productos elaborados en material reutilizado son asociados con acabados artesanales y poco estéticos. Por tal motivo, con la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en el programa académico de diseño industrial, junto con el enfoque en una metodología de diseño y el aporte del estilo que nos identifica a cada diseñador, deja la

satisfacción de haber creado piezas con un valor apreciativo de diseño, mediante un proceso donde se permitió la caracterización un material, exploración de configuraciones formales, aplicación de color, indagación de tendencias, selección de materiales y el uso de la ergonomía, todo en conjunto para el flujo del proyecto y solución del problema. De esta manera, se brindó a las propuestas de mobiliario, la posibilidad de una distinción dentro del grupo de productos elaborados mediante tubería de PVC residual y proyectos afines.

Producción local

- La estandarización de componentes por producto permitió plantear un proceso de fabricación industrial, el cual se puede desarrollar con el aprovechamiento de la tecnología local, contribuyendo de esta manera al desarrollo económico e Industrial de la ciudad. Esto trae consigo, una manufactura donde los costos de producción, podrían permitirle a las bancas hechas en tubería de PVC residual, abrirle un espacio en el mercado local de mobiliario urbano.

Interés del sector constructor:

- El interés de la empresa constructora MARVAL S.A. hacia la implementación del diseño responsable con el medio ambiente, se visualizó en la manera en que nos brindó su apoyo para la realización de nuestro proyecto. Reflejado en autorización de visitas de campo de proyectos en curso, disposición del personal y material para su recolección y un área para su almacenamiento.

Proyección

- A futuro se piensa exponer y dar a conocer el proyecto, para abrir la posibilidades a un nivel de desarrollo significativo y de igual manera entrar en el camino de incentivas a diseñadores y empresas hacia a la implementación del diseño sostenible, mediante la reutilización de materiales cuya configuración y

propiedades pueden brindar al desarrollo de nuevas aplicaciones y solución de necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. ASTM D695-10. West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: ASTM International. 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. ASTM D2412-11. West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: ASTM International. 2010.

ARBOLEDA, Orlando. Aplicación de plástico reforzado con fibra de vidrio a partes de ingeniería. Tesis de Tecnólogo Mecánico. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. 2007, p. 38

BORRELL, Natalia. El comedor de tubos PVC. [En línea] <http://monkeyzen.com/2011/02/el-comedor-de-tubos-pvc> [Citado el 14 de febrero de 2015]

BRC Designs. Organ Chair and Low Table [En línea] <https://brcdesigns.wordpress.com/2010/06/14/brc-designs-organ-chair-and-low-table/> [Citado el 4 de Marzo de 2015]

CAMACOL. Estadística del crecimiento de la construcción en Colombia [en línea] camacol.co/sites/default/files/secciones.../IAE_Mayo%202013%20.pdf [Citado 10 Agosto 2014].

_____. La construcción sostenible en Colombia, presente y futuro [en línea]. http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%C3%B3mico%20Oct2012-No%2040.pdf [Citado 9 nov 2014].

CASTELLS, Xavier Elias. Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción. Madrid: Díaz de Santos, 2000.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 675 (agosto 3), por medio de la cual se expide el régimen de propiedad horizontal. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 44.509, 2001.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sector Plásticos- Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo [en línea]. Bogotá: Guías Ambientales, Julio de 2004, p.17-18

http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf [citado 14 Agosto 2014].

COLOMER MENDOZA, Francisco José, y GALLARDO IZQUIERDO, Antonio. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. Valencia : Limusa, 2010.

Comisión de las comunidades europeas. LIBRO VERDE Cuestiones medioambientales relacionadas con el PVC. [En línea] <http://ec.europa.eu/environment/waste/pvc/pdf/es.pdf>. [Citado el 13 de Diciembre de 2014]

CRUZ CAL, Blanca; GUERRA VALDÉS, Belkis; ÁLVAREZ GARCÍA, Emilio; BLANCO, Ricardo. Evaluación de elastómeros vulcanizados. [En línea] <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/268389/355960> [Citado 10 de Abril de 2015]

DELGADO PARRADO, Carlos César. Manual de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición para Obras en Bogotá. [En línea]. http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=9501675e-042c-46b4-90c9-639f6cd07598&groupId=664482. [Citado el 10 de Octubre de 2014]

Escuela de ingenierías industriales. Propiedades del polipropileno. [En línea] <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PP/propiedades.html> [Citado el 1 de Abril de 2015]

Formufit. 4-Way Tee Furniture Grade PVC Fitting Connector. [En línea] <http://www.formufit.com/4-way-pvc-tee-furniture-grade-fitting-connector/> [Citado el 7 de Febrero de 2015]

GUARÍN, N. Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción demolición en Brasil y Colombia [en línea]. http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_17.pdf [Citado 18 Agosto 2014].

GUTIÉRREZ ROJAS, Ana María. Mobiliario Urbano: Escenario de lo Público. En: Revista el mueble y la madera. 2010. Ed 65.

Hogarutil. Derivación en un tubo de PVC. [En línea] <http://www.hogarutil.com/bricolaje/tareas/fontaneria/201009/derivacion-tubo-5398.html> [Citado el 5 de Enero de 2015]

Industrias JQ. PVC Datos Técnicos. [En línea] <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/PVC/PVCprop/dtecnicos.htm> [Citado el 20 de Enero de 2015]

IRVIN, Rubin. Materiales plásticos propiedades y aplicaciones. Mexico: Limusa-Noriega editores, 2008. págs. 201, 202, 207, 208, 210.

MARADEI GARCIA, María Fernanda; ESPINEL CORREAL, Francisco Mario; y PEÑA LEAL, Astrid Andrea. Datos antropométricos para el diseño: región nororiental colombiana. Bucaramanga. 2009. Págs. 22, 25.

Mariano. Tecnología de los Plásticos. [En línea]
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/10/reciclado-de-pvc.html>.
[Citado 31 de Octubre de 2014.]

_____. Tecnología de los Plásticos. [En línea]
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/11/pvc-clorado-cpvc.html>
[Citado 1 de Diciembre de 2014.]

MORRIS, Richard. Fundamentos del Diseño de Productos. Barcelona: Parramon, 2009.

MORTON JONES, David H. Procesamiento de plásticos: Inyección, moldeo, hule, PVC. México: Limusa, 1993.

Obras Web. Mobiliario urbano 'a prueba' en París. [En línea]
<http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/11/28/mobiliario-urbano-a-prueba-en-paris> [Citado el 22 de Marzo de 2015]

PAVCO COLOMBIA. Manual Técnico de Tubosistemas [en línea].
<http://www.pavco.com.co/?dw=e10d8c5ef3871659756a49a3c747227fw2t2> [Citado 10 sept 2014].

_____. Quiénes somos [en línea]. <http://www.pavco.com.co/4/quienes-somos/3/i/268#a3> [Citado 12 sept 2014].

PCV de Monterrey, Tubería y conexiones PVC sanitario. [En línea] http://pvcdemonterrey.com/?page_id=139 [Citado el 4 de Marzo de 2015]

ROSAS, Ana. Construcción del Mobiliario Urbano a partir de escombros [en línea]. <http://www.prezi.com/construcción> [Citado 12 sept 2014].

SANCHEZ VALDES, Saúl, YÁNEZ FLORES, Isaura G., y RODRIGUEZ FERNANDEZ, Oliverio S. Moldeo por Inyección de Termoplásticos. Mexico: Limusa, 2008.

SERRA, Joseph. Elementos urbanos: Mobiliario y Microarquitectura. Madrid: Editorial Gustavo G.I., 1998, p. 6.

Simbiosisgroup. Mobiliario urbano unión bench. [En línea] <http://simbiosisgroup.net/270/mobiliario-urbano-union-bench-i-do-design> [Citado el 4 de Febrero de 2015]

Solidsmack. Kenneth Smythe Chair Design Puts PVC Pipe to Beautiful Use. [En línea] <http://www.solidsmack.com/design/kenneth-smythe-chair-design-puts-pvc-pipe-to-beautiful-use/> [Citado el 28 de Marzo de 2015]

STARPLAS. Propiedades físicas y mecánicas. [En línea] <http://straplas.com.ar/straplas/caracteristicas/propiedades-fisicas-y-mecanicas/> [Citado el 9 de Abril de 2015]

Suigeneris. Furniture Collection – GeoMet. [En línea]
<http://www.suigeneris.co.uk/blog/sui-generis-launches-new-fibreglass-outdoor-furniture-collection> [Citado el 25 de Enero de 2015]

Suprema. Nuevo milenio [En línea] <http://optima.pacifica.co/pagina/nuevo-milenio-imagenes/236> [Citado el 3 de Marzo de 2015]

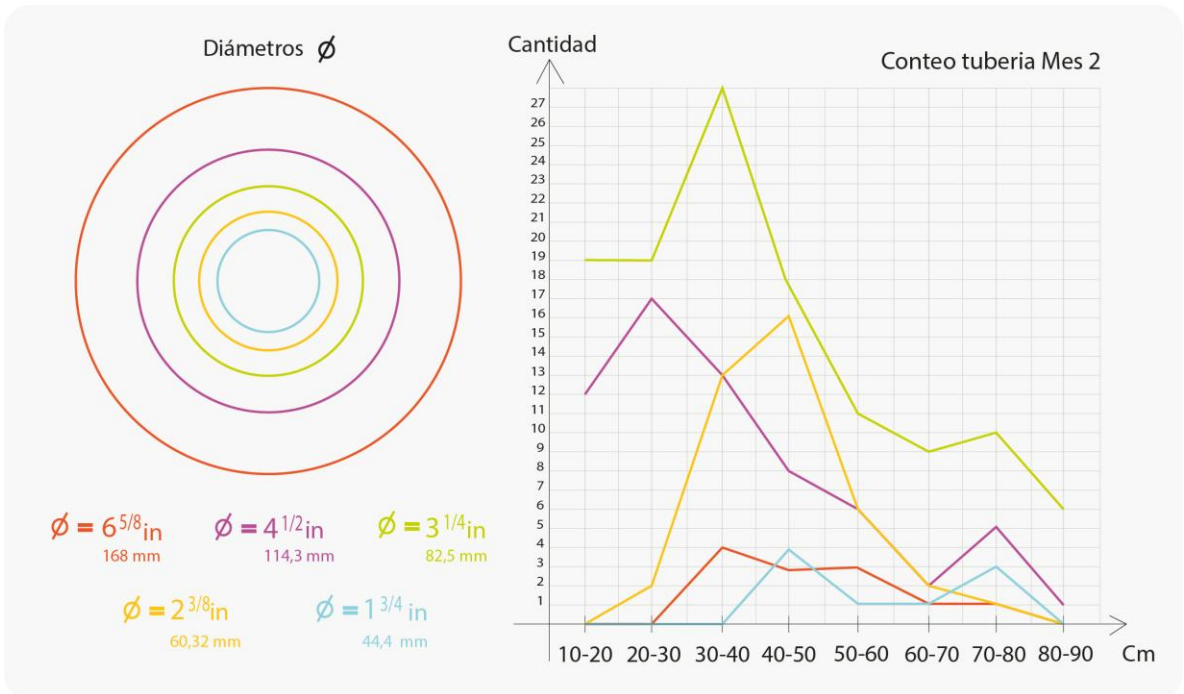
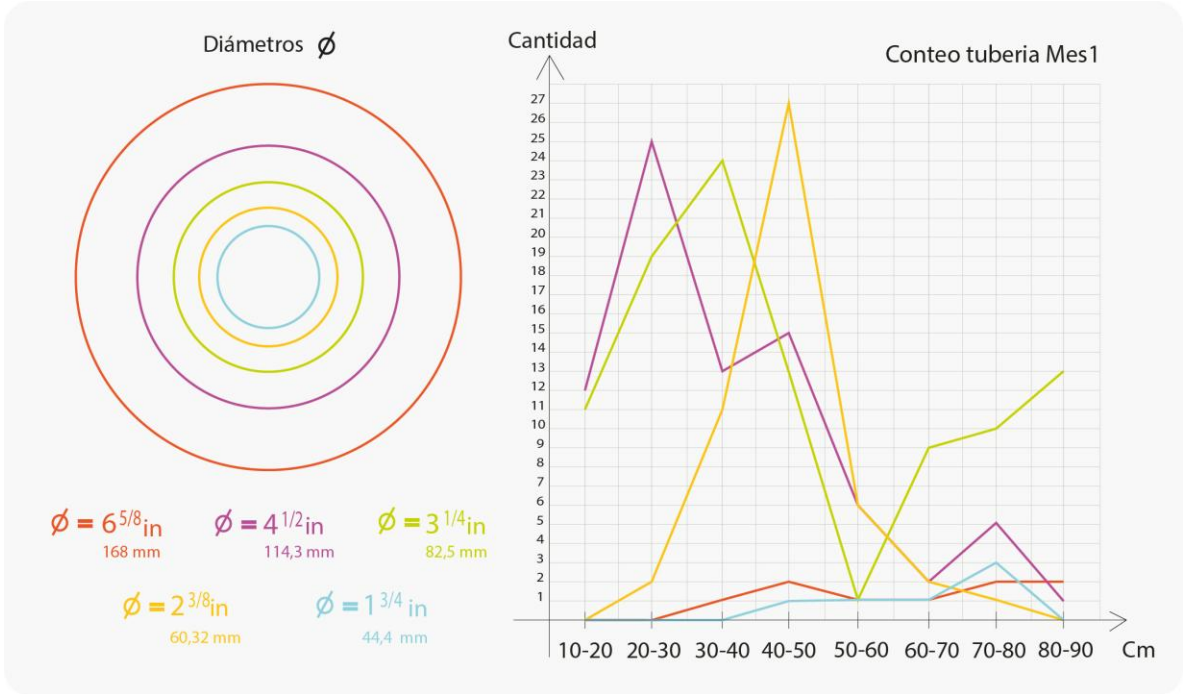
TecnoTresA UNLP.FBA. Elastómeros [En línea]
<http://tecnologiaadi.blog.com/files/2013/06/Elast%C3%B3meros.pdf> [Citado el 17 de Abril de 2015]

ULRICH, Karl T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y Desarrollo de Productos.
México D.F: Mc Graw Hill, 2009.

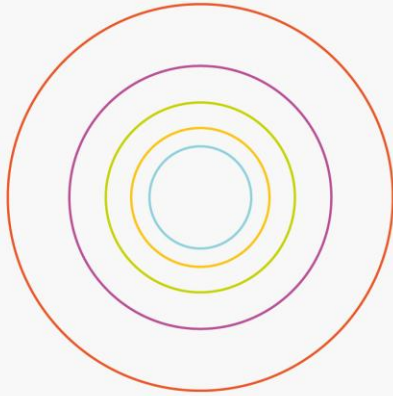
URBAN by amop. Projects - urban landscape. [En línea]
<http://urban.amop.eu/idx/galeria,558,2> [Citado el 20 de Marzo de 2014]

ANEXOS

Anexo A. Conteo tubería por mes.



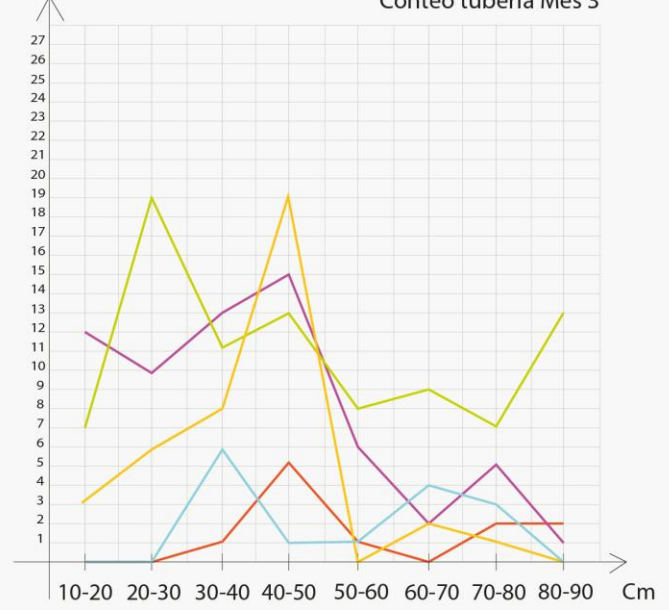
Diámetros ϕ



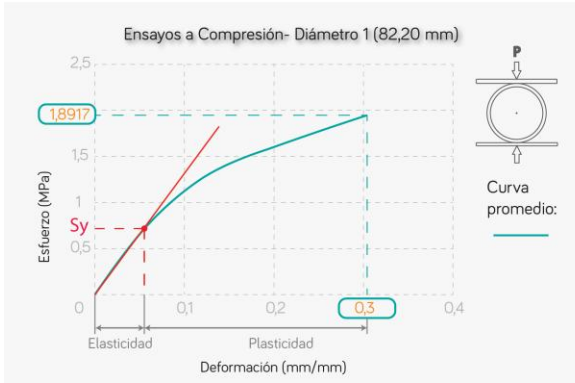
- $\phi = 6 \frac{5}{8} \text{ in}$
168 mm
- $\phi = 4 \frac{1}{2} \text{ in}$
114,3 mm
- $\phi = 3 \frac{1}{4} \text{ in}$
82,5 mm
- $\phi = 2 \frac{3}{8} \text{ in}$
60,32 mm
- $\phi = 1 \frac{3}{4} \text{ in}$
44,4 mm

Cantidad

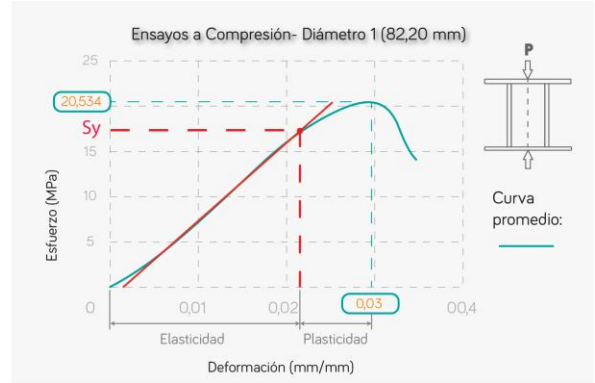
Conteo tubería Mes 3



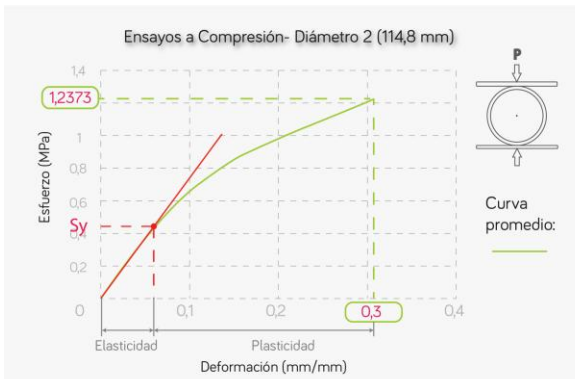
Anexo B. Gráficas resumen de ensayos a compresión diámetro 1 y 2.



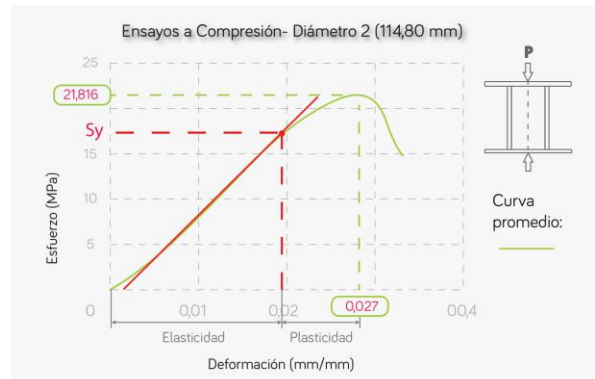
El límite elástico se encuentra entre las coordenadas:
 $X = 0,049 \text{ mm/mm}$
 $Y = 0,638 \text{ MPa}$
 Carga en el límite elástico: $0,808 \text{ KN} \rightarrow 82,4 \text{ Kg}$
 Módulo de elasticidad: $12,45 \text{ MPa}$
 $S_y =$ Resistencia a la fluencia



El límite elástico se encuentra entre las coordenadas:
 $X = 0,022 \text{ mm/mm}$
 $Y = 17,56 \text{ MPa}$
 Carga en el límite elástico: $31,2 \text{ KN} \rightarrow 3161,1 \text{ Kg}$
 Módulo de elasticidad: $826,3 \text{ MPa}$
 $S_y =$ Resistencia a la fluencia



El límite elástico se encuentra entre las coordenadas:
 $X = 0,058 \text{ mm/mm}$
 $Y = 0,453 \text{ MPa}$
 Carga en el límite elástico: $0,48 \text{ KN} \rightarrow 49 \text{ Kg}$
 Módulo de elasticidad: $7,77 \text{ MPa}$
 $S_y =$ Resistencia a la fluencia



El límite elástico se encuentra entre las coordenadas:
 $X = 0,018 \text{ mm/mm}$
 $Y = 17,10 \text{ MPa}$
 Carga en el límite elástico: $41,7 \text{ KN} \rightarrow 4252,2 \text{ Kg}$
 Módulo de elasticidad: $930,6 \text{ MPa}$
 $S_y =$ Resistencia a la fluencia

Anexo C. Encuesta – necesidades del cliente.

FORMATO DE ENCUESTA A USUARIOS

Nombre:

Edad:

Estrato de vivienda:



Somos estudiantes de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander y estamos realizando un proyecto cuyo objetivo es el diseño de mobiliario urbano (bancas sin espaldar) hechos mediante la reutilización de tubería de PVC sobrante, para implementar en zonas verdes, senderos o parques dentro de conjuntos residenciales. Para esto queremos saber su opinión y gusto respecto a las bancas que generalmente usa.

1. Primero que todo, ¿está usted interesado en el cuidado del medio ambiente? Si__
No__

2. ¿Qué piensa sobre utilizar este material como componente para el diseño de nuevas bancas?

Interesante__ NS/NR__ Innecesario__

3. ¿Utilizaría bancas hechas en este material complementado junto con otro tipo de material, en las zonas que se dispongan en su zona residencial? Sí__ No__

4. ¿Con que frecuencia utiliza bancas?

1 vez al día__ 1-3 veces por semana__ 1 vez al mes__ otra, cual_____

5. Además de utilizar las bancas para descansar, ¿qué otra actividad realiza cuando las utiliza? (marque 2 respuestas de ser necesario)

Leer__ Vigilar los niños mientras juegan__ Charlar con alguien__ Otra,
cual_____

6. ¿Qué le gusta de las bancas que usa generalmente?

7. En contraste a la anterior pregunta, ¿qué no le gusta o le cambiaría a las bancas?

8. ¿Qué material preferiría como asiento?

Polímero (plástico)__ Madera__ Hormigón (cemento)__ Metal__

9. Enumere de 1 a 4 siendo el 1 el más importante, el aspecto que espera en una banca

Comodidad y funcionalidad__ Durabilidad__ forma, color y estética__

Seguridad__

10. ¿Qué formas le agradaría ver en una banca?

Geométrica__ Curva__ Orgánica__ Temática__ Otra, cual__

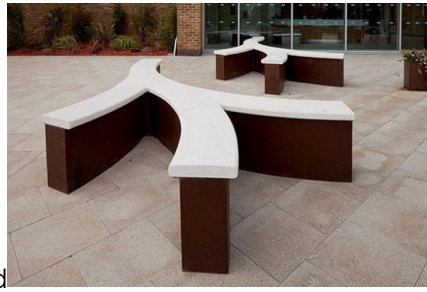
11. ¿Tiene alguna preferencia de color?

12. Finalmente, ¿cuáles de este estilos de bancas, es de su mayor gusto? (marque 2 respuestas de ser necesario)





c



d



e



f



g

Anexo D. Encuesta Prueba de concepto.

FORMATO DE ENCUESTA PARA PRUEBA DE CONCEPTO



Tenga usted un buen día, somos estudiantes de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander y nos encontramos realizando un proyecto de mobiliario urbano para exteriores en zonas comunes residenciales. En este momento estamos en la etapa de prueba de usabilidad del producto a partir de unos modelos; para ellos necesitamos de su ayuda mediante la interacción con el producto, y brindarnos su opinión respondiendo unas preguntas a continuación. Muchas por su colaboración.

Nombre:

Edad:

1. ¿Cuál cree que es la función del producto? ¿Qué tipo de mobiliario?

2. Califique los siguientes aspectos según su experiencia

- Seguridad

Definitivamente inseguro __ Poco seguro__ Seguro__ Muy seguro __

-Estabilidad

Definitivamente inestable__ Inestable__ Estable__ Muy estable

-Comodidad del asiento

Definitivamente incómodo__ Incómodo__ Cómodo__ Muy cómodo__

3. ¿Cómo considera las dimensiones del producto?

Poco apropiadas__ Apropriadas__ Muy apropiadas__

4. ¿Percibe alguna incomodidad o fatiga por parte del producto? ¿Cuál?

5. ¿Utilizaría este tipo de bancas en las áreas comunes de su zona residencial? Sí__ No__

6. En comparación con otras bancas sin espaldar que haya usado, considera que este diseño es:

Mucho peor__ Peor__ Igual__ Mejor__ Mucho mejor__

7. Por último, ¿podría usted darme una opinión abierta sobre el producto, ya sea recomendación, gustos o disgustos, etc.?

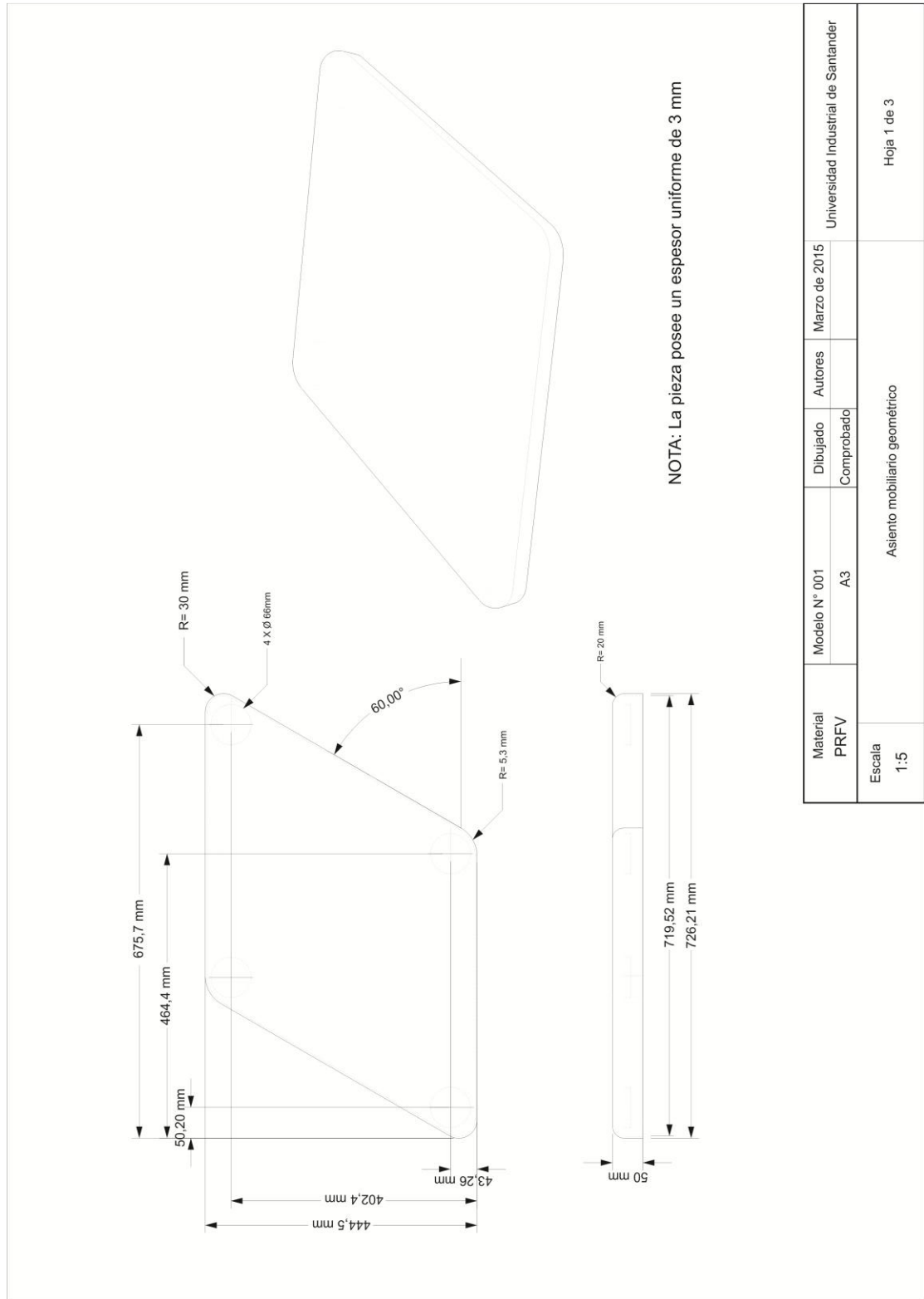
Datos extras de análisis

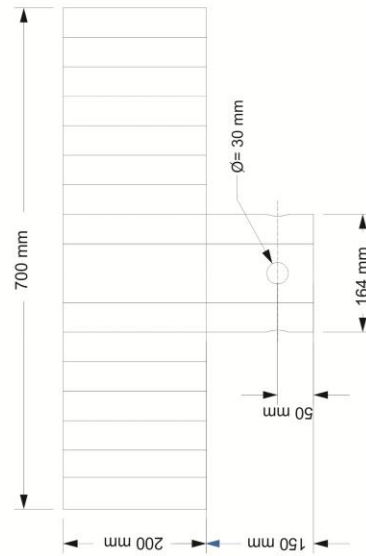
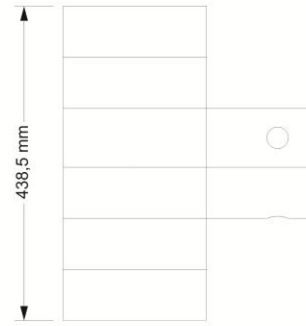
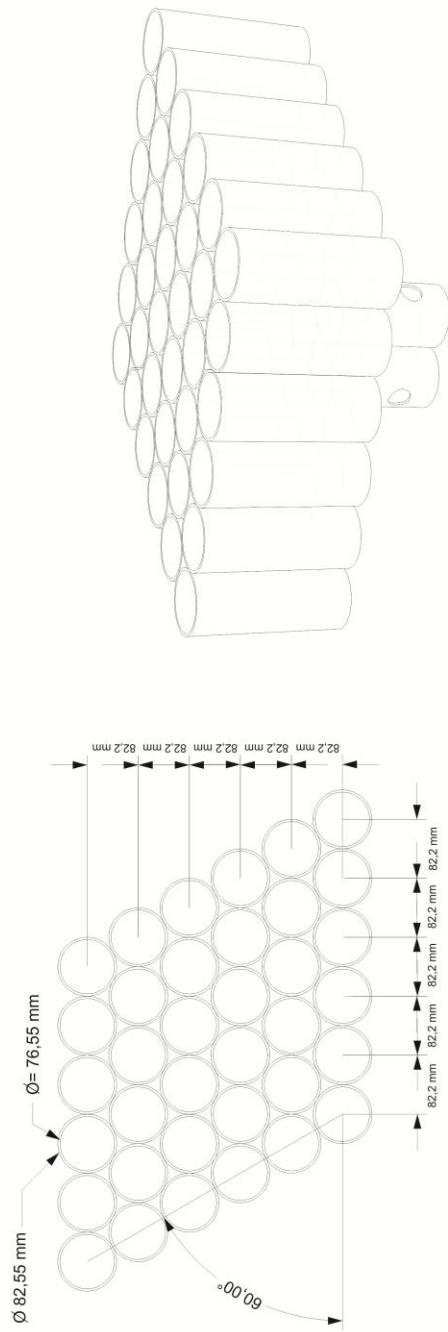
Tiempo que emplea el usuario entre la apreciación del producto y el uso:

Soporte de carga eficiente: Sí__ No__

Movimiento de algún componente: Sí__ No__ ¿Cuál?

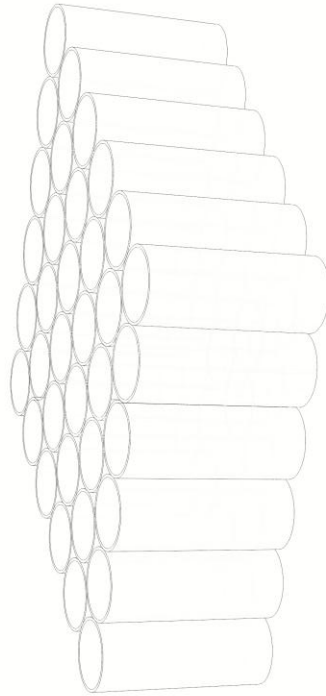
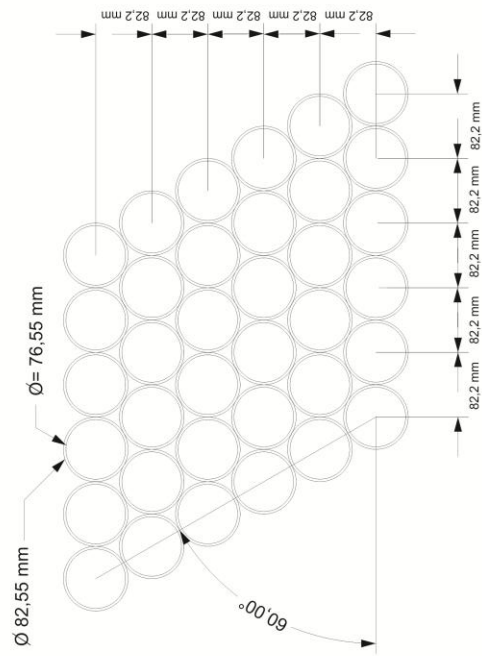
Anexo E. Planos técnicos, piezas de mobiliario.





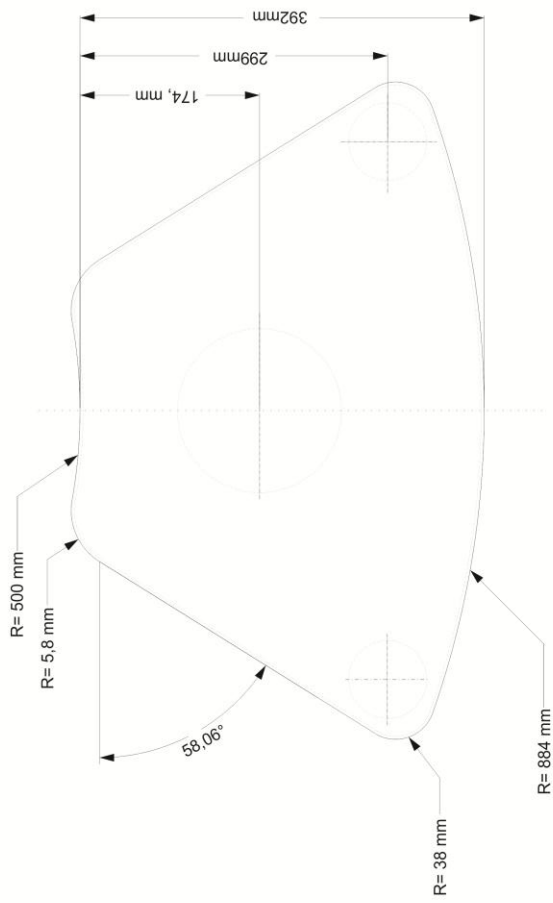
NOTA: Todos los diámetros exteriores en la vista superior son iguales. Todos los diámetros interiores en la vista superior son iguales.

Material	Modelo N° 001	Dibujado	Autores	Marzo de 2015	Universidad Industrial de Santander
PVC rígido	A3	Comprobado			
Escala	Cuerpo inferior mobiliario geométrico				
1:5					Hoja 2 de 3



NOTA: Todos los diámetros exteriores en la vista superior son iguales. Todos los diámetros interiores en la vista superior son iguales.

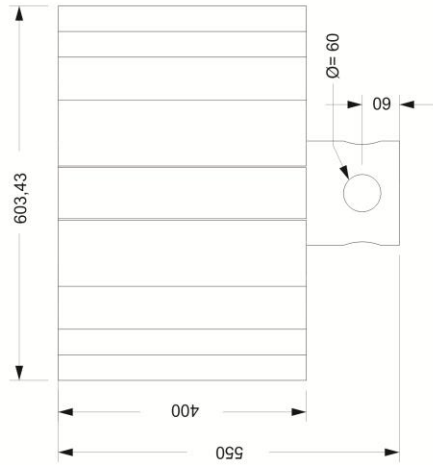
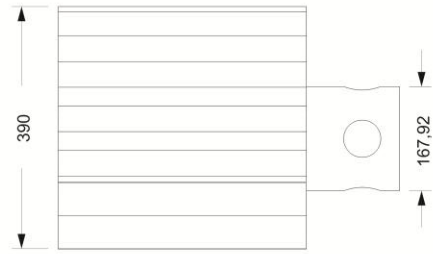
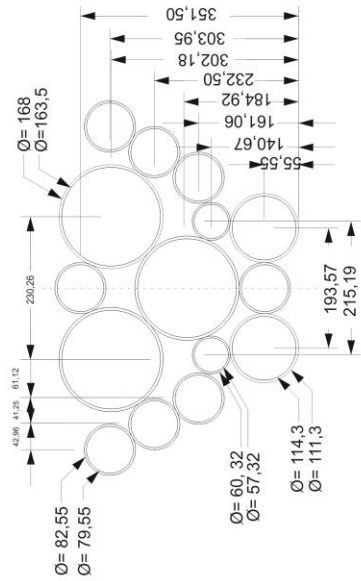
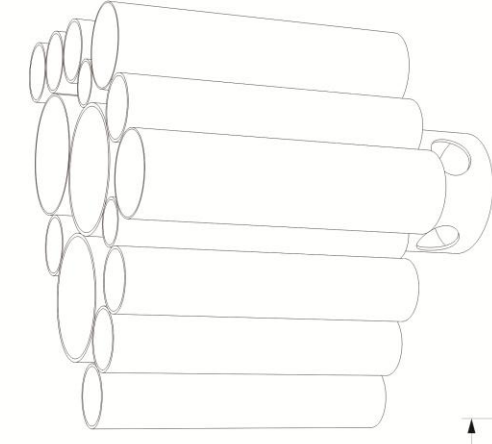
Material PVC rígido	Modelo N° 001	Marzo de 2015	Universidad Industrial de Santander	
	A3	Comprobado	Autores	
Escala 1:5	Cuerpo superior mobiliario geométrico			Hoja 3 de 3



NOTA: La pieza posee un espesor uniforme de 3 mm



Material	Modelo N°	Dibujado	Autores	Marzo de 2015	Universidad Industrial de Santander
PRFV	002	Comprobado			
Escala	Asiento mobiliario curvo			Hoja 1 de 2	
1:5	A3				



NOTA: Todas las unidades en milímetros (mm).

Material	Modelo N° 002	Dibujado	Autores	Marzo de 2015	Universidad Industrial de Santander
PVC rígido	A3	Comprobado			
Escala	Cuerpo mobiliario curvo				
1:6					Hoja 2 de 2

Anexo F. Catálogo de productos.




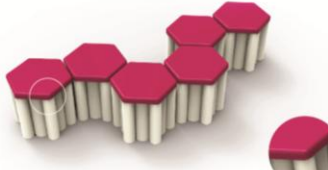
HEXAGO

Banca modular para creación de composiciones en escenarios

Material: Asiento de color, hecho en fibra de vidrio
Acabado: Tubo a color brillante, mate o metalizado

Medidas:
 Largo: 45 cm
 Ancho: 40 cm
 Alto: 40 cm

Paleta:







GOTA

Banca modular para creación de composiciones en escenarios

Material: Asiento de color, hecho en fibra de vidrio
Acabado: Tubo de color brillante, mate o metalizado

Medidas:
 Largo: 53 cm
 Ancho: 40 cm
 Alto: 40 cm

Paleta:






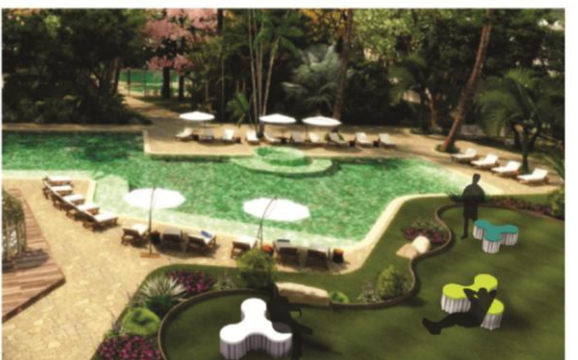

TRIPTO

Banca modular para creación de composiciones en escenarios

Material: Asiento de color, hecho en fibra de vidrio
Acabado: tubo de color brillante, mate o metalizado

Medidas:
 Largo: 52 cm
 Ancho: 110 cm
 Alto: 40 cm

Paleta:


Anexo G. Aceptación por parte de MARVAL S.A.



Bucaramanga 20 de Marzo de 2015

Señor:
German Diaz
Diseñador Industrial
Director de Proyecto
Grupo de Investigación Interfaz - Escuela de diseño Industrial
Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas – UIS

El proyecto enfocado al desarrollo de productos a partir de tubería PVC recuperada, es un proyecto, que nos ha interesado desde su concepción.

Por lo que se apoyó dicho proyecto desde su inicio, permitiendo la recolección de los sobrantes de tubería de nuestras distintas obras y su compilación en una de nuestras instalaciones, para que pudieran hacer allí las pruebas, diseños y elementos pilotos necesarios.

Recibimos el catálogo con los productos diseñados, donde se visualizan las distintas opciones, y las uniones diseñadas.

Este será analizado con la gerencia, para así proceder a analizarlo para su utilización en la Ciudad Sostenible que Marval está construyendo actualmente "Rios del Hato".

Dicha ciudad está concebida bajo criterios de sostenibilidad, implementados total o parcialmente de acuerdo a las características de cada proyecto, esta situada en el valle de Rio del Hato cercano a Piedecuesta en un sector de gran calidad ambiental, por lo que nos interesa analizar la posibilidad de utilizar elementos de diseño urbano como los mostrados en el catálogo, que tienen un criterio de sostenibilidad por ser hechos a partir de residuos de los mismos materiales del proceso constructivo, logrando así aprovechar sus cualidades geométricas, y mecánicas.

Agradecemos hayan compartido con nosotros las ideas de los estudiantes y haber visto en nosotros la posibilidad de apoyo para la realización de los emprendimientos que estos generan.

Cordialmente,

MARIA JULIANA REYES MARTINEZ

COORDINADOR DE INNOVACIÓN

Cra. 29 N° 45 – 45 piso 18 / Edf. Metropolitan Business Park
PBX (7) 6333987 Ext: 1260- Bucaramanga Colombia.

