

**USO DEL CONTENEDOR MARÍTIMO COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL Y ESTÉTICO,
PARA EL DISEÑO DE UN COLEGIO SOSTENIBLE EN LA UPZ 17 SAN JOSÉ DE BAVARIA EN LA LOCALIDAD
DE SUBA**

Daniel Armando Rozo Martínez

Miguel Ángel Montaña Martínez



Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D. C.

2021

**Uso del contenedor marítimo como elemento constructivo no estructural y estético, para el diseño de
un colegio sostenible en la UPZ 17 San José de Bavaria en la localidad de Suba**

Daniel Armando Rozo Martínez

Miguel Ángel Montaña Martínez

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Directora:

Arq. Liliana Rocío Patiño León



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Arquitectura, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D. C.

2021

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo en primer lugar a Dios Nuestro Señor, a nuestros padres que nos apoyaron en todo momento, a nuestros familiares y amigos que nos colaboraron y a la Universidad La Gran Colombia y a todos nuestros profesores, que durante estos cinco años nos han brindado todo su conocimiento y experiencia para poder alcanzar esta noble meta de convertirnos en profesionales de la arquitectura. Muchas gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
FORMULACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	17
PREGUNTA PROBLEMA	29
HIPÓTESIS	30
OBJETIVOS	31
OBJETIVO GENERAL	31
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
MARCO REFERENCIAL	33
ANTECEDENTES	33
MARCO TEÓRICO	39
<i>Historia contenedores marítimos y su uso en la arquitectura</i>	<i>39</i>
<i>Características de los contenedores marítimos</i>	<i>42</i>
<i>Tipos de conexiones para construcción con contenedores</i>	<i>44</i>
<i>Métodos para sellar los contenedores</i>	<i>50</i>
<i>Elementos no estructurales</i>	<i>51</i>
<i>Contenedores como elementos no estructurales</i>	<i>53</i>
<i>Sostenibilidad en Arquitectura</i>	<i>55</i>
<i>Estrategias de Sostenibilidad</i>	<i>56</i>
<i>Sostenibilidad de materiales</i>	<i>57</i>

<i>Principios de Eficiencia Energética.....</i>	<i>62</i>
<i>Sello De Eficiencia: Sostenibilidad En La Construcción Y Un Alto Nivel De Confort Interno Y Externo ..</i>	<i>63</i>
<i>Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles.....</i>	<i>70</i>
<i>Calidad de ambiente: confort térmico</i>	<i>71</i>
<i>Aislamiento Térmicos y Acústicos E Impermeabilizantes Ecológicos.....</i>	<i>72</i>
<i>Paneles Solares Fotovoltaicos.....</i>	<i>80</i>
MARCO NORMATIVO.....	84
NORMATIVA CONSTRUCCIÓN UTILIZANDO CONTENEDORES MARÍTIMOS	84
<i>Normativa Internacional.....</i>	<i>84</i>
<i>Normativa Nacional.....</i>	<i>84</i>
<i>Normativa Nacional Construcción de Colegios.....</i>	<i>86</i>
<i>Normativa Nacional Construcción Sostenible.....</i>	<i>92</i>
MARCO PROYECTUAL	93
ANÁLISIS DEL LUGAR	93
ANÁLISIS DE REFERENTES	105
<i>Referentes Instituciones Educativas</i>	<i>105</i>
<i>Referente Tecnológico Acondicionamiento Y Uso de Contenedores Y Estructura Metálica</i>	<i>110</i>
MATERIALIDAD	118
AISLAMIENTO DE LOS CONTENEDORES.....	119
CONEXIÓN DE LOS CONTENEDORES DESDE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	120
PROGRAMA ARQUITECTÓNICO	128
TIPOLOGÍA DE AULAS	128
PROPUESTA VOLUMÉTRICA	133

IMPLANTACIÓN COLEGIO	135
DETALLE CONSTRUCTIVO	145
APLICACIÓN DE LA NSR 10 TÍTULOS J Y K EN EL PROYECTO.....	156
COSTOS Y PRESUPUESTO COLEGIO EL CARMEN	158
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
LISTA DE REFERENCIA	170
ANEXOS	180

Lista de Figuras

Figura 1	Población de Bogotá D. C. - Participación por localidad Suba 2019	18
Figura 2	Distribución de la población en edad escolar proyectada. Bogotá D. C. 2019	19
Figura 3	Caracterización del sector educativo 2019-2020 Suba	22
Figura 4	Colegio Acacia II Localidad Ciudad Bolívar	33
Figura 5	Aulas Preescolar con contenedores Colegio Acacias II	34
Figura 6	Aulas Preescolar Colegio Acacia II	34
Figura 7	Contenedores para Aulas provisionales en Argentina	35
Figura 8	Partes de Un Contenedor Marítimo	42
Figura 9	Separación entre contenedores	45
Figura 10	Tipos de conexiones para construir con contenedores: Atornillar	46
Figura 11	Tipos de Conexión en Contenedores: Atar	46
Figura 12	Tipos de Conexión Contenedores: Soldadura	47
Figura 13	Unión de Contenedores con Soldadura	48
Figura 14	Unión de Contenedores: Atornillar	49
Figura 15	Método para Unir Contenedores: Atar	49
Figura 16	Cifras en Kg CO ₂ / Kg de Material Constructivo	58
Figura 17	Certificado BREEAM	65
Figura 18	Certificado LEED	67
Figura 19	Métodos y Estrategias de la Passivhaus	68
Figura 20	Sellos Passivhaus	69

Figura 21	Promedio Mensual Radiación Global Bogotá	82
Figura 22	Plano medidas globales radiación solar Colombia.....	83
Figura 23	Planteamiento modelo de formación Integral Colegio 10.....	88
Figura 24	Módulos aulas para diseño de colegios	89
Figura 25	Diseño de Colegio ejemplo 1 para clima cálido y terreno Inclinado.....	90
Figura 26	Planos Colombia, Bogotá y Suba.....	93
Figura 27	Plano Plan Parcial 2 El Carmen Vista Satelital.....	93
Figura 28	Plan Parcial N° 2 El Carmen.....	94
Figura 29	Vías Lote Equipamiento Público 1.....	95
Figura 30	Datos Clima Bogotá D. C.	96
Figura 31	Diagrama Psicométrico Bogotá D .C.	98
Figura 32	Reserva Van der Hammen y plan Parcial El Carmen.....	98
Figura 33	Amenaza Movimiento en Masa Urbana 2018	99
Figura 34	Geología Urbana en el Plan Parcial El Carmen.....	100
Figura 35	Altura Promedio por Manzana	100
Figura 36	Establecimientos Comerciales	101
Figura 37	Avalúo Catastral	102
Figura 38	Plano de Usos.....	102
Figura 39	Plano Análisis determinantes de Diseño.....	103
Figura 40	Colegio Distrital Rogelio Salmona	105
Figura 41	Planta Primer Piso Colegio Rogelio Salmona	106
Figura 42	Planta Segundo Nivel Colegio Rogelio Salmona	106

Figura 43 Organigrama Colegio Distrital Rogelio Salmona	107
Figura 44 Conclusiones Distribución Espacial Colegio Distrital Rogelio Salmona Primer Nivel..	108
Figura 45 Conclusiones Distribución Espacial Colegio Distrital Rogelio Salmona Segundo Nivel	108
Figura 46 Western Academy of Beijin.....	109
Figura 47 Análisis Distribución Espacial Referente Internacional.....	109
Figura 48 Edificio con contenedores en Bogotá D. C.....	111
Figura 49 Edificio con contenedores acondicionamiento contenedores	112
Figura 50 Unión Contenedores Con Estructura Metálica	112
Figura 51 Estructura Metálica Y Unión Contenedores	113
Figura 52 Edificio con contenedores estructura metálica	114
Figura 53 Instalaciones Eléctricas, Lluvias y Red Contra incendios	115
Figura 54 Red contra incendios, redes eléctricas e hidrosanitarias y ventilación	116
Figura 55 Baños en contenedores	117
Figura 56 Plazoleta de Comidas.....	118
Figura 57 Panel Aislante Fibras de Madera	119
Figura 58 Detalle Constructivo Para conectar Contenedores En Áreas De Baños Individuales .	120
Figura 59 Propuesta tecnológica Unión Contenedores Aulas Preescolar	121
Figura 60 Aula Preescolar Propuesta Tecnológica Conexión Contenedores	122
Figura 61 Contenedores Unidos	123
Figura 62 Acondicionamiento Interior de los contenedores para Aulas de Preescolar	124
Figura 63 Instalaciones Hidráulicas de los contenedores.....	125

Figura 64	Platinas para agarre de la pérgola de madera	126
Figura 65	Pérgolas de Madera en los Contenedores	127
Figura 66	Techo Verde En Contenedores Preescolar	127
Figura 67	Programa Arquitectónico Colegio El Carmen	128
Figura 68	Aula Preescolar Con Contenedores	130
Figura 69	Aulas preescolar con contenedores.....	130
Figura 70	Medidas Aulas.....	131
Figura 71	Aulas primaria, secundaria y media.....	131
Figura 72	Aulas Laboratorios física, química y arte.	132
Figura 73	Auditorio y comedor	132
Figura 74	Entrada occidental, portería, biciparqueaderos, y baños con contenedores.....	133
Figura 75	Diseño Volumetría	134
Figura 76	Determinantes Implantación	136
Figura 77	Determinantes de Implantación	136
Figura 78	Determinantes de Implantación desde lo Bioclimático.....	137
Figura 79	Determinantes de implantación desde la Bioclimática	137
Figura 80	Implantación Planta	139
Figura 81	Implantación Volumétrica.....	139
Figura 82	Circulación.....	140
Figura 83	Circulación Interna.....	141
Figura 84	Implantación Volumétrica por Zonificación.....	142
Figura 85	Planta de Localización Colegio	142

Figura 86	Planta primer Nivel Colegio	143
Figura 87	Planta segundo nivel colegio	143
Figura 88	Planta cubiertas colegio.....	144
Figura 89	Corte aulas especiales laboratorios de física y química.....	144
Figura 90	Detalle constructivo unión contenedores	145
Figura 91	Estructura metálica colegio y forma de instalar los contenedores	146
Figura 92	Estructura metálica en el colegio.....	147
Figura 93	Unión perfiles metálicos	148
Figura 94	Corte Fachada Colegio El Carmen.....	149
Figura 95	Render Colegio Con Contenedores El Carmen Vista Nororiental.....	151
Figura 96	Render colegio con contenedores El Carmen vista nororiental	151
Figura 97	Render colegio con contenedores El Carmen secundaria y media.....	152
Figura 98	Render colegio con contenedores patio central.....	152
Figura 99	Render colegio con contenedores patio central vista hacia primaria	153
Figura 100	Render colegio con contenedores entrada occidental	153
Figura 101	Render circulación primer nivel área de secundaria y media.....	154
Figura 102	Render circulación Interna segundo piso secundaria y media	154
Figura 103	Render aula de preescolar con contendores	155
Figura 104	Render Aula Preescolar con contenedores área libre	155
Figura 105	Render circulación zona de preescolar	156
Figura 106	Metodología.....	164

Lista de Tablas

Tabla 1	Déficit y superávit educativo del sector oficial por localidad. Bogotá D. C. 2019.....	20
Tabla 2	Dimensiones y características estándar de los contenedores	43
Tabla 3	Impacto Ambiental de los Principales Materiales de Construcción.....	58
Tabla 4	Impacto ambiental y alternativas sostenibles de los materiales empleados en construcción.....	60
Tabla 5	Aislantes Térmicos, Acústicos E Impermeables Ecológicos	74
Tabla 6	Especificaciones Técnicas.....	75
Tabla 7	Análisis simulación materiales de aislamiento ecológico	76
Tabla 8	Nuevas tendencias en la pedagogía.....	87
Tabla 9	Costo y Presupuesto Colegio El Carmen Construido.....	159
Tabla 10		162

Resumen

En Bogotá, especialmente en la localidad de Suba, según los informes de la Secretaría de Educación del Distrito [SED] (2020), hay un déficit de cupos estudiantiles de aproximadamente 7100; como respuesta a esta problemática, se plantea este proyecto, que busca cubrir parte de esos cupos, y adicionalmente el uso los contenedores como elementos no estructurales junto con sistemas estructurales tradicionales para crear una nueva propuesta de colegios modernos que cumpla con las normativas educativas del país y brinde los espacios necesarios para la formación académica de los estudiantes. El programa arquitectónico se basa en el cumplimiento de los lineamientos dados por el Ministerio De Educación Nacional: ley 115 de 1994, NTC 4595 DE 1999 / 2015, NTC 6199 DE 2016, GTC 223 y el Folleto Colegio 10: Lineamientos Y Recomendaciones Para El Diseño Arquitectónico Del Colegio De Jornada Única, logrando integrar los contenedores y otras estrategias como el uso de paneles solares, aislantes ecológicos y la reutilización de aguas lluvias, para así construir un colegio sostenible.

Palabras clave: Colegio, Equipamiento Educativo, Contenedores Marítimos, Sostenible.

Abstract

In Bogota, especially in the locality of Suba, according to reports from the Secretaria de Educación del Distrito [SED] (2020), there is a deficit of school places of approximately 7100. This shortfall can be addressed by designing schools using shipping containers. Therefore, it is expected to use the containers as non-structural elements together with traditional structural systems to create a new proposal for modern schools that complies with the educational regulations of the country and provide the necessary spaces for the academic formation of the students. To meet the educational needs of the locality of Suba, the guidelines given by the Ministry of National Education are followed: law 115 of 1994, NTC 4595 OF 1999/2015, NTC 6199 OF 2016, GTC 223 and the School Booklet 10: Guidelines and Recommendations for the Architectural Design of the Single-Day College. The project has been able to integrate the shipping containers and other strategies such as the use of solar panels, ecological insulation and the reuse of rainwater, in order to obtain a sustainable school.

Keywords: School, ISO Shipping Containers, Sustainable, Primary and Middle School.

Introducción

En las últimas décadas, se ha incrementado progresivamente el déficit de cobertura educativa en algunas localidades de la ciudad de Bogotá, déficit que ha tratado de solucionarse desde la ampliación de la oferta oficial en términos de la creación de nuevos cupos y también con estrategias tanto políticas como educativas, entre estas se encuentran: construcción de nuevos colegios, mejoras en la infraestructura existente de colegios distritales, optimizar la capacidad de las instituciones, ceder en arrendamientos, contratación con instituciones educativas privadas haciendo uso de subsidios y por último contratación de administración para los colegios distritales.

Particularmente, en la localidad de Suba actualmente hay un déficit aproximado de 7100 cupos escolares (desde preescolar hasta media) que puede ser solucionado mediante la construcción de nuevos equipamientos educativos, contemplados dentro de los planes parciales de la localidad. Específicamente, dentro del plan parcial del Carmen, se encuentra proyectado un espacio para equipamiento de 25000 m², el cual se propone emplear en la construcción de un colegio (que abarque los niveles de primera infancia, primaria, secundaria y media) usando los contenedores marítimos como elemento constructivo no estructural.

A nivel mundial, la cargotectura (la arquitectura basada en el uso de contenedores de transporte) ha venido en auge mostrándose como una alternativa sostenible, económica e innovadora a los métodos constructivos tradicionales. Desafortunadamente, en Colombia, si bien la cargotectura se conoce y se han hecho algunas edificaciones con contenedores, la normativa NSR10, la ley 400/97 y la Comisión Asesora Permanente no avalan el uso de los mismos como elementos constructivos de edificaciones con fin habitacional. Sin embargo, no se sancionan propuestas arquitectónicas alternativas en las que dichos contenedores podrían emplearse como elementos no estructurales y estéticos que,

junto con los sistemas tradicionales, posibilitan la creación de nuevos proyectos de colegios modernos que cumplen con los parámetros de la legislación educativa del país.

Así, este trabajo constituye una propuesta de diseño de un equipamiento educativo en la UPZ 17 San José de Bavaria en la localidad de Suba bajo los principios de sostenibilidad, eficiencia energética y eficiencia del agua, reutilizando contenedores marítimos como parte del componente estético del sistema constructivo tradicional, para aportar a la disminución del déficit de cobertura educativa de la localidad 11.

Se utilizaron los contenedores como elementos no estructurales para crear los salones del área de preescolar, baños, porterías, áreas de trabajo individual en la biblioteca, adicionalmente, para que el proyecto sea sostenible, se implementaron estrategias de bioclimática para el acondicionamiento térmico y lumínico de los espacios, reducción de consumo energético a través de uso de lámparas y luminarias LED, uso de paneles solares, recolección y reutilización de aguas lluvias, aparatos sanitarios ahorradores, techos verdes, tejas ecológicas en el auditorio y el uso de aislamientos ecológicos para el acondicionamiento térmico acústico de los contenedores.

Formulación y Justificación del Problema

Los colegios en Colombia, especialmente los distritales y municipales, tienen problemáticas de dos tipos: las primeras en cuanto al sector educativo como tal y las segundas de orden de infraestructura. A pesar de que en la actualidad el Ministerio de Educación y el gobierno intentan corregir dichas problemáticas todavía se presentan deficiencias como es el caso de la localidad de Suba donde según los informes de la Secretaria de Educación del Distrito [SED] (2020), para el año 2019-2020 hay un déficit de cupos estudiantiles de por lo menos 7100 cupos. A continuación se puede ver en mayor detalle las problemáticas encontradas.

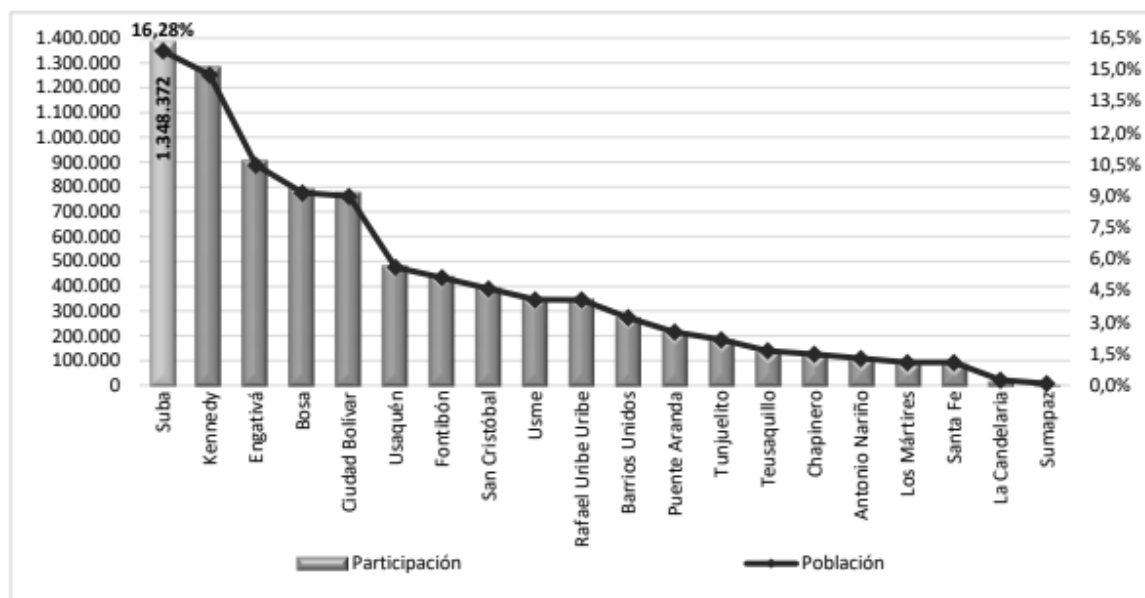
Primero que todo en cuanto al sector educativo se puede encontrar que la demanda educativa, que es el total de personas dentro del mercado que necesitan de servicios educativos, y la oferta educativa (entendida como la cantidad de servicios educativos ofrecidos o la respuesta a las necesidades de formación) están en desequilibrio en algunos sectores de la ciudad de Bogotá. Durante los últimos años, según los informes del SED (2020), la población en edad escolar ha aumentado al punto de generar un déficit de cupos en las localidades de Suba, Kennedy y Bosa principalmente. Para atender a la demanda, las diferentes administraciones de la Ciudad, han invertido y promovido la construcción de nuevos colegios, la mejora de colegios distritales existentes al igual que la ampliación de muchos de ellos, optimizando las instalaciones en los mismos, arrendando sedes y realizando contratación con colegios privados utilizando subsidios.

De acuerdo con el reporte de Caracterización del Sector Educativo para el año 2019 hecho por la SED (2020), la población de la Capital (que a dicho año se estimó en 8.281.030 de habitantes) se concentra en mayor cantidad en Suba (16,28%) y Kennedy (15,12%), que suman el 31,4% de los

habitantes del Distrito (Ver figura 1). De dicha población, el porcentaje de población en edad escolar [PEE] corresponde al 17,6% (1.454.283 niños y adolescentes entre 5 y 16 años) (Ver figura 2).

Figura 1

Población de Bogotá D. C. - Participación por localidad Suba 2019



Fuente: Proyecciones de Población DANE - SDP, a partir del Censo 2005.
Elaboración y cálculos: Oficina Asesora de Planeación - Grupo Gestión de la Información.

Nota: La gráfica indica la proyección de la población en Bogotá D. C., en porcentajes, según la participación para la localidad de Suba 2019 Tomado de: "Caracterización del sector educativo de Bogotá" Secretaria de Educación del Distrito, 2020.

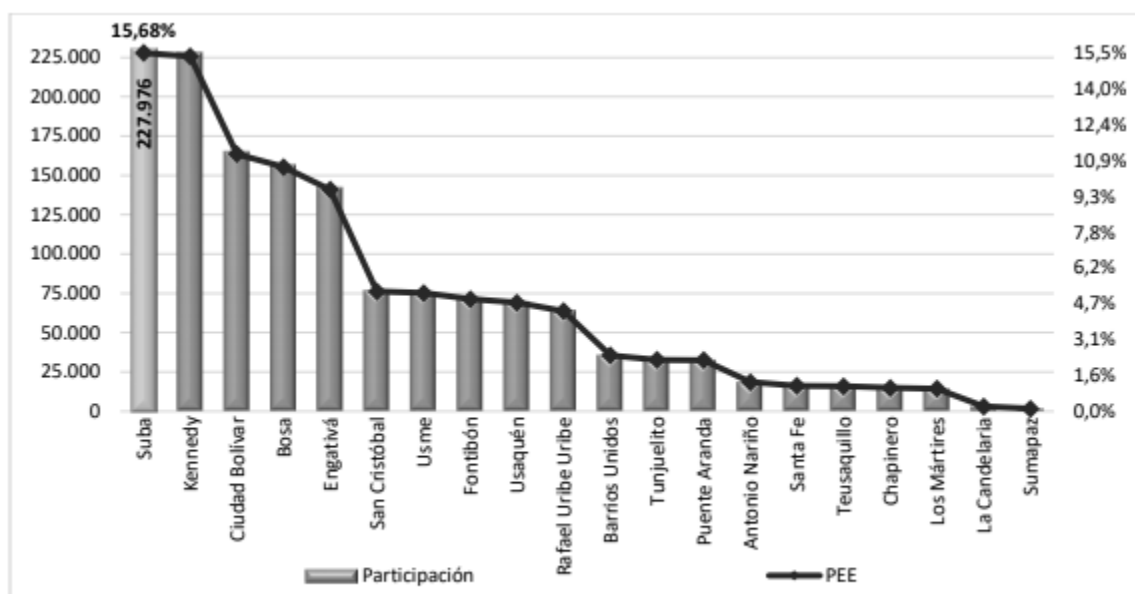
(https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/2021-03/Informe_11_Suba.pdf)

De acuerdo con el reporte de Caracterización del Sector Educativo para el año 2019 hecho por la SED (2020), la población de la Capital (que a dicho año se estimó en 8.281.030 de habitantes) se concentra en mayor cantidad en Suba (16,28%) y Kennedy (15,12%), que suman el 31,4% de los

habitantes del Distrito (Ver figura 1). De dicha población, el porcentaje de la PEE corresponde al 17,6% (1.454.283 niños y adolescentes entre 5 y 16 años) (Ver figura 2).

Figura 2

Distribución de la población en edad escolar proyectada. Bogotá D. C. 2019



Fuente: Proyecciones de Población DANE - SDP, a partir del Censo 2005.

Elaboración y cálculos: Oficina Asesora de Planeación - Grupo Gestión de la Información.

Nota: La gráfica indica la proyección de la población en edad escolar, en porcentajes, de la población por localidades en Bogotá D.C. En el año 2019. "Caracterización del sector educativo de Bogotá" Tomado de: Secretaria de Educación del Distrito, 2020.

(https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/2021-03/Informe_11_Suba.pdf)

El porcentaje de la PEE corresponde al 17,6% (1.454.283 niños y adolescentes entre 5 y 16 años).

Tabla 1*Déficit y superávit educativo del sector oficial por localidad. Bogotá D. C. 2019*

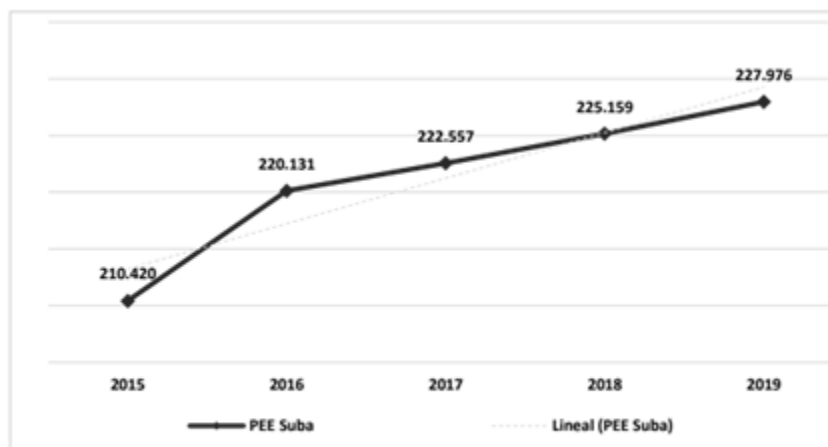
Localidad	Superávit	Déficit
Usaquén		-1.573
Chapinero	717	
Santafé	2.109	
San Cristóbal	3.684	
Usme	4.470	
Tunjuelito	1.740	
Bosa		-7.909
Kennedy		-4.578
Fontibón		-1.258
Engativá	318	
Suba		-7.868
Barrios Unidos	429	
Teusaquillo	82	
Los Mártires	165	
Antonio Nariño		-475
Puente Aranda	930	
Candelaria	637	
Rafael Uribe Uribe	4.407	
Ciudad Bolívar		-1.456
Sumapaz	216	
Total	19904	-25117

Nota: La tabla muestra el déficit o superávit educativo del sector oficial por localidad para Bogotá D.C. en el año 2019. Adaptada de: “Caracterización del sector educativo de Bogotá” Secretaría de Educación del Distrito, 2020.

(https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/2021-03/Informe_11_Suba.pdf)

Adicionalmente, como se puede apreciar en la tabla 1, en tema de cobertura escolar, en Bogotá hay localidades que tienen superávit en los cupos escolares disponibles, mientras que hay otras localidades que tienen un déficit de cupos escolares; en total se puede decir que el déficit total de cupos escolares en por localidades es de 25.117 y el superávit total de cupos escolares por localidades es de 19904 cupos. Si se toma el déficit total por localidades y se resta con el superávit se encuentra que en Bogotá hay finalmente un déficit de cupos estudiantiles de 5213. Como se puede ver en la tabla 1, El superávit de cupos procede de las localidades Santafé, Tunjuelito, San Cristóbal, Barrios Unidos, Los Sumapaz. Mientras que el déficit de cupos se encuentra en las localidades de: Ciudad Bolívar, Antonio Nariño, Suba, Fontibón, Kennedy, Bosa y Usaquén. En la tabla N°1, se puede observar cómo se discriminan los datos por localidad.

Además según datos del SED (2020), Suba tiene una población de 1.348.372 habitantes, tiene doce unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) y además cuenta con una Unidad de Planeamientos Rural (UPR) ubicada en la zona norte. En materia educativa, cuenta con 391 establecimientos distribuidos en 30 colegios oficiales (27 distritales repartidos en 63 sedes, 2 de administración contratada y uno de régimen especial) y 361 colegios no oficiales (349 privados, 11 de matrícula contratada y uno de régimen especial). Asimismo, para el 2019 la proyección de la PEE de la localidad fue de 227.976 habitantes (Ver figura 3), el cual equivale al 15,7% de la PEE de Bogotá, ocupando Suba la primera posición.

Figura 3*Caracterización del sector educativo 2019-2020 Suba*

Fuente: Proyecciones de Población DANE - SDP, a partir del Censo 2005.
 Elaboración y cálculos: Oficina Asesora de Planeación - Grupo Gestión de la Información.

Nota: Evolución de la Población en edad escolar (PEE) (5 a 16 años) Suba 2015 – 2016. Tomado de: “Caracterización del sector educativo de Bogotá” Secretaría de Educación del Distrito (SED), 2020.

(https://www.educacionbogota.edu.co/porta_institucional/sites/default/files/2021-03/Informe_11_Suba.pdf)

Extrapolando la figura 3 y haciendo los cálculos matemáticos respectivos, puede notarse que las proyecciones de la PEE para la localidad de Suba hay un aumento pasando en 2016 de 220.131 a 230.965 en 2020 con una tasa promedio anual de 1,21%. Además si se amplía el rango de edad de la PEE, tomando desde los 3 años hasta los 16 años, para el periodo de 2015 – 2019 se encuentra que hay un aumento del 2.1% anual (SED, 2020). Actualmente, la demanda educativa para Suba es de 87000 y el déficit es de 7868 cupos (de los cuales 7110 corresponden a cupos para la primera infancia hasta la educación media), el cual seguiría incrementándose de continuar la tendencia de crecimiento de la PEE.

En suma, la información consolidada a nivel de distrital y local nos lleva a planificar acciones tendientes a subsanar las necesidades evidenciadas mediante el desarrollo de un proyecto de equipamiento educativo que no solo mitigue el déficit de colegios y cupos en la Localidad de Suba, sino que aporte también a la calidad de la educación desde la infraestructura.

Ahora bien, en cuanto a infraestructura y diseño de equipamientos educativos se puede ver que en Colombia no solamente se encuentra una problemática de falta de cupos estudiantiles, sino que además se evidencia una clara problemática de infraestructura escolar, según Pérez (2016), en Colombia es lamentable el estado de deterioro de colegios y escuelas y las condiciones de infraestructura con que cuentan, las cuales se convierten un obstáculo para la calidad educativa y se convierte en una razón para que los estudiantes abandonen el sistema educativo del país. Además, este autor afirma que el mal estado de las infraestructuras educativas del país afectan de igual manera a docentes y personal administrativo tanto en sus condiciones laborales como en la capacidad que tienen para innovar y mejorar procesos educativos.

Efectivamente la infraestructura escolar tiene un gran impacto en la educación que se puede brindar a los estudiantes, espacios con falta de iluminación natural, aulas frías con una mala distribución espacial, estructuras antiguas o con falencias estructurales o sismorresistentes, son algunas de las problemáticas encontrados a lo largo y ancho del país, especialmente cuando se habla de colegios distritales, con respecto a esto se puede ver lo que menciona Pérez (2016) donde habla de cómo la infraestructura educativa que no garantiza la resistencia sísmica a través de estructuras reforzadas frente a desastres naturales como: temblores, terremotos u otros, puede llegar a poner en peligro la vida de más de 4 millones de estudiantes de básica y media tanto en colegios públicos como en privados, como también más de 200 mil docentes que trabajan en dichas instituciones, las cuales no

cuentan con ese tipo de reforzamiento estructural. Además, el autor también nos indica cómo en Pakistán en el año 2005 y en China en 2008 se demostró las grandes tragedias que ocurren en sedes educativas ante un terremoto donde murieron cerca de 20.000 niños, justamente por fallas estructurales de sismo resistencia.

Ahora bien, el ministerio de educación ha venido realizando encuestas en investigaciones acerca de las necesidades de infraestructura escolar y ha encontrado problemáticas muy graves, como por ejemplo colegios ubicados en zonas de inundaciones, o que no cuentan con servicios públicos, según Pérez (2016) para el año 2014 el Ministerio de Educación Nacional realizó una encuesta a los rectores de 9.176 colegios, por medio del Sistema Interactivo de Consulta de Infraestructura Educativa (SICIED), y donde se encontró que: el 25.5% de las sedes debían ser reubicadas para evitar riesgos de inundaciones, las infraestructuras tenían entre 40 y 60 años de construidas. El 78% de los colegios encuestados hacían parte de la zona rural lo que lo correlacionaba con otros datos como lo son deficiencias y disponibilidad de servicios públicos donde el 2,3% no disponían de servicios públicos, el 5,5% solo contaban con pozo séptico, 2,5% solo tenían energía eléctrica, 0,4% solo tenían un servicio público, y finalmente se encontró que al 87,2% le faltaba por lo menos uno de los servicios públicos.

Además de todo esto, hay estudios que indican que la infraestructura puede incidir en los índices de deserción escolar, o en reducir la tasa de repetición siempre que se cuente con un mejor desarrollo del plantel educativo. Según Bayona (2016) menciona que los resultados que se encontraron en sus investigaciones muestran que al contar con mejores infraestructuras escolares tendía a reducir la tasa de repetición de los estudiantes. Además Pérez (2016) menciona que había una reducción en la tasa de repetición en 0.51% al tener una mejor infraestructura, lo cual equivalía al 8,03% de la tasa media de repetición que fue reportada para el mismo periodo en que se realizó el estudio. Y continua diciendo

que se ha identificado que en los colegios donde se contaba con laboratorios de: químicas, ciencias, computación, tecnología, idiomas y emisora se tenía un mayor impacto en la reducción de la repetición.

Sin embargo una de las razones por las que Colombia no ha invertido tanto en mejorar la infraestructura escolar, es el hecho de que ha dispuesto el gasto público para pagar docentes, personal de administración y funcionamiento básico de los colegios existentes. Adicionalmente para evitar un aumento excesivo en la construcción de colegios, los gobiernos hasta el año 2016 decidieron crear las dobles jornadas escolares y en algunos lugares incluso las tres jornadas (Pérez, 2016).

Sin embargo, a partir del 2016 el Ministerio de Educación decidió mejorar el plan de educación para lo cual establecieron como meta el paso de los colegios distritales a jornada única y el desarrollo de nueva infraestructura escolar a lo largo del país. Según lo que menciona Pérez (2016), el gobierno nacional creó el Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FIE) para administrar cerca de 4.5 billones de pesos y también proyectaron construir para 2018 30.680 nuevas aulas, y para 2030 alcanzar las 51.134.

Pero ante este panorama, luego del 2016 apareció una nueva problemática con respecto a la infraestructura escolar a partir de la creación o ampliación de los colegios públicos existentes. Respecto a esto la revista Semana realizó en el 2018 una investigación consultando con los expertos en el tema acerca del nuevo problema que surgió con la nueva infraestructura planteada por el ministerio de educación, los megacolegios. Según la investigación de la revista Semana (2018) dice que para Olga Lucia Sandoval, coordinadora académica de la Alianza educativa, la cual administra varios colegios públicos en Bogotá, los megacolegios son un desafío tanto para la calidad como en la formación de los docentes, a pesar de sus beneficios al ofrecer espacios físicos que sean amigables con los estudiantes. Y además, comentó que aunque los megacolegios son buenos para solucionar los problemas de cobertura

educativa, tienen un problema de construcción pues algunos son diseñados con un aspecto muy similar a una cárcel.

Es importante resaltar también que la disciplina y los horarios en instituciones tan grandes se convierten en un tema desfavorable y rectores y profesores terminan más preocupados en ese tema que en la calidad, esto según la entrevista realizada a Hernando Bayona quien es Docente de la Facultad de Educación de la Universidad de los Andes. Por este motivo la Fundación Pies Descalzos indicó que los megacolegios no son viables y que tampoco tienen una incidencia positiva en la calidad (Semana, 2018).

En esta mismo artículo se menciona un punto importante a la hora de diseñar colegios por parte de varios arquitectos especializados en la construcción de colegios tanto a nivel nacional como internacional: la firma de los arquitectos Mario Camargo y Luis Tombé, ambos egresados de la Universidad del Valle y el arquitecto Frank Locker, un experto en infraestructura educativa de la Universidad de Harvard. Con respecto a la construcción de megacolegios en Estados Unidos Loker menciona que son un error y traen como consecuencias las drogas, los conflictos, la violencia y una imposibilidad de control por parte de directivos y docentes.

Por tanto los arquitectos concuerdan en que es mejor construir colegios pequeños, ambos arquitectos, Camargo y Locker, quienes tienen una gran experiencia en la construcción de instituciones educativas, mencionan que es mejor el diseño de colegios pequeños que cuenten con un modelo pedagógico más sólido, y aunque cobije a menos usuarios, les proporcionen una mayor calidad de educación (Semana, 2018).

Ante estos hechos expuestos por expertos tanto en materia educativa como en construcción de infraestructura educativa, la solución dada por estos para reducir el déficit de cupos escolares y mejorar los equipamientos educativos en Colombia es construir más colegios que atiendan menos estudiantes

pero que aporten una educación de calidad. Sin embargo la construcción de nuevos equipamientos puede ser costoso.

Al momento de realizar un diseño los materiales a utilizar pueden incidir en el costo final del proyecto, es en este caso que los contenedores marítimos se pueden convertir en una opción muy atractiva a la hora de diseñar equipamientos educativos debido a que en otras investigaciones académicas con respecto a su uso en construcciones de viviendas de interés social y las disminución de costos, ha encontrado que el paso a utilizar contenedores como material constructivo en vez de materiales tradicionales, puede reducir los costos hasta un 50% (Madkour y El Manzlawy, 2018).

Además, según la Drewry Maritime Research (2013), los ISO contenedores marítimos se pueden considerar como materiales de construcción perfecto debido a su alta disponibilidad ya que el costo de reenviar los contenedores a su lugar de origen es mayor que comprar uno nuevo por lo que muchos de ellos son dejados abandonados en todos los puertos alrededor del mundo. Según ellos, la flota global de contenedores es de aproximadamente 32.9 millones de contenedores de 20 pies (como se cita en Ataei, 2019, p. 5). Esto lo que nos indica es la alta disponibilidad de los contenedores como material para reutilización o reciclaje en todo el mundo.

Adicionalmente otro trabajo de investigación académica que indica las ventajas económicas y de rapidez en la construcción al hacer uso de la reutilización de contenedores para el diseño y construcción de aulas para la ciudad de Bogotá es la de la Arq. Adriana Yolima Parra Díaz quien concluyó que el uso de los contenedores para su construcción los hacía una solución rápida y económica (Parra, 2017). Sin embargo era necesario realizar un diseño eficiente teniendo en cuenta aspectos como la bioclimática, materialidad, etc. De tal forma que se aprovechen las ventajas de los contenedores marítimos en la

construcción de aulas para colegios en Bogotá, para que así sean viables y funcionales en el momento de su implementación (Parra, 2017).

Dentro de las opciones para su reciclaje, emplear contenedores como elemento estructural o no estructural en los sistemas constructivos, es una alternativa energéticamente eficiente (ya que fundirlos consume gran cantidad de energía) y mitiga la emisión de CO₂ respecto a la construcción netamente tradicional (Ataei, 2019). A su vez, dichos contenedores son una opción sustentable y económica ya que son resistentes al fuego, óxido y moho; permiten la realización de módulos, disminuyen el costo de construcción en obra al igual que el desperdicio de material, aunque es necesario contar con mano de obra especializada a la hora de adecuar los contenedores para el uso de aulas del colegio a diseñar.

Como se vio en los estudios realizados por Madkur y El Manzlawy en 2018 y Parra en 2017, el uso de contenedores marítimos junto a un diseño eficiente puede llegar a bajar costos asociados a la construcción tanto de viviendas como de planteles educativos, además su uso asociado con una intervención arquitectónica en aras de la sostenibilidad convierten el proyecto en un colegio sostenible y sustentable con el cual se puede reducir el déficit de cupos escolares y específicamente para la localidad de Suba.

Pregunta Problema

¿Cómo diseñar un equipamiento educativo en la UPZ 17 San José de Bavaria en la localidad de Suba bajo los principios de sostenibilidad, eficiencia energética y eficiencia del agua?

Hipótesis

La reutilización de contenedores marítimos como elementos no estructurales para el diseño y construcción de un colegio permite generar nuevos tipos de elementos arquitectónicos, texturas y materiales, al tiempo que se genera un uso sustentable de contenedores en desuso convirtiéndose así en un elemento, que junto a los sistema constructivos tradicionales, genere espacios adecuados para la formación académica de los estudiantes y disminuir así el déficit de cupos escolares de la localidad de Suba.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un colegio, que cumpla con la normativa vigente de educación en Colombia, para así reducir el déficit de cupos estudiantiles en la localidad de Suba, utilizando contenedores marítimos como elementos no estructurales junto con sistemas constructivos tradicionales que permita la reutilización de los contenedores marítimos generando así un proyecto sostenible.

Objetivos Específicos

- Investigar de qué forma se puede utilizar eficientemente un contendor marítimo como elemento no estructural para el diseño de un colegio de manera que se logré proponer su reutilización como elemento cerrado para uso constructivo, y también su desensamblaje para reciclaje convirtiendo sus partes en componentes o elementos puntuales dentro de la construcción.
- Establecer estrategias de sostenibilidad con respecto a principios de eficiencia energética, uso del agua, materiales de construcción ecológicos, confort interior y exterior, necesarios al utilizar contenedores marítimos como elementos no estructurales y sistemas constructivos tradicionales.
- Construir una relación funcional entre el espacio urbano existente con un diseño que permita la integración arquitectónica y funcional del proyecto con la comunidad de la UPZ 17 San José de Bavaria, generando espacios que puedan ser utilizados por la comunidad y el uso de zonas específicas dentro del colegio en momentos de inactividad escolar, como fines de semana y vacaciones.

- Proponer y diseñar usos alternativos para los contenedores marítimos que puedan replicarse en otros lugares, caracterizándose por su facilidad de ensamble y reducción del tiempo de construcción al ser este de tipo industrializado.

Marco Referencial

Antecedentes

Se han realizado todo tipo de trabajos investigativos con respecto al diseño de colegios y al uso de contenedores tanto para la construcción de viviendas como para el diseño de aulas escolares; sin embargo, hasta el momento no han habido tantos trabajos enfocados al uso de los contenedores para el diseño de colegios, aunque si se han realizado proyectos arquitectónicos reales para aulas, o ampliaciones de colegios utilizando contenedores como es el caso del colegio Acacias II en la Localidad de Ciudad Bolívar donde se construyó un espacio para el área de preescolar con solo contenedores (*Ver figura 4, 5 y 6*). O en el caso de Argentina que se utilizaron como aulas temporales mientras construían colegios tradicionales y habilitaban los colegios (*ver figura 7*). A pesar de esto en el campo de la investigación es poco lo que se puede encontrar referente al diseño de colegios con contenedores y aún menos de colegios sostenibles. A continuación se encuentran algunos trabajos investigativos que tratan acerca del diseño de colegios, diseño de aulas escolares utilizando contenedores, investigaciones sobre costos de construcción de viviendas utilizando contenedores tanto en el extranjero como en Colombia.

Figura 4

Colegio Acacia II Localidad Ciudad Bolívar



Nota: Foto Colegio Acacia II ubicado en la localidad Ciudad Bolívar en Bogotá D. C. Tomado de: "IED Colegio Acacia II" Google, s.f., (<https://www.google.com/maps/place/IED+Colegio+ACACIA+II/@4.5607879,-74.1420854,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x83d21b87a0d0e1db!8m2!3d4.5607879!4d-74.1420854>) Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Figura 5

Aulas Preescolar con contenedores Colegio Acacias II



Nota: Foto Colegio Acacia II ubicado en la localidad Ciudad Bolívar en Bogotá D. C. Aulas de Preescolar con contenedores. Tomado de: "IED Colegio Acacia II" Google, s.f., (<https://www.google.com/maps/place/IED+Colegio+ACACIA+II/@4.5607879,-74.1420854,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x83d21b87a0d0e1db!8m2!3d4.5607879!4d-74.1420854>) Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Figura 6

Aulas Preescolar Colegio Acacia II



Nota: Foto Colegio Acacia II ubicado en la localidad Ciudad Bolívar en Bogotá D. C. Aulas de Preescolar con contenedores.

Tomado de: “IED Colegio Acacia II” Google, s.f., (<https://www.google.com/maps/place/IED+Colegio+ACACIA+II/@4.5607879,-74.1420854,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x83d21b87a0d0e1db!8m2!3d4.5607879!4d-74.1420854>) Todos los derechos reservados 2021 por Google.

Figura 7

Contenedores para Aulas provisionales en Argentina



Nota: Aulas Modulares Argentina: Sur Porteño, Palermo Saavedra. Tomado de: “Después de nueve años, no hay más aulas contenedor en la provincia de Córdoba” Ciudadanos, 2016. (<https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/despues-de-nueve-anos-no-hay-mas-aulas-contenedor-en-la-provincia-de-cordoba>)

Se consultó el trabajo de grado: Implementación del nuevo modelo pedagógico propuesto por la SED en el diseño de la institución educativa de escala zonal, para estudiantes de estratos 1 a 4 en el barrio la Florida Occidental en Bogotá, realizado en Noviembre del 2016 y presentado a la facultad de Arquitectura de la Universidad La Gran Colombia, por Dominique Catherine Levrard Velandia y Jefferson Alberto Rivera Osma, para obtener el título de Arquitecto.

En este trabajo de investigación buscaron establecer los principios y conceptos arquitectónicos que pudieran llegar a fortalecer el modelo educativo que proponía la Secretaria de Educación Distrital (SED) Curriculum 40x40. Para aplicarlo así para un colegio distrital en el barrio La florida Occidental En Bogotá (Levrard y Rivera, 2016).

Otro trabajo consultado fue el trabajo de grado: Uso De Containers Para Aulas Escolares En Establecimientos Educativos De Bogotá, realizado en el 2017, por la Arq. Adriana Yolima Parra Díaz, el cual fue requisito para obtener el título de Magister en diseño Sostenible en la facultad de Diseño de la Universidad Católica de Colombia. Es un trabajo que tiene como propósito investigar el comportamiento de los contenedores para aulas escolares, según lo que nos dice la misma arquitecta Parra (2017), la cual menciona que el trabajo de investigación fue enfocado en cómo se comportan los contenedores marítimos en desuso, tanto térmicamente como en la adaptación para aulas escolares para instituciones educativas en Bogotá, convirtiéndose en una alternativa fácil, económica y muy rápida, en donde la sostenibilidad es la meta, enmarcado en un enfoque adaptable, funcional, y eficiente.

Dentro de dicha investigación se realizó un análisis de la información recolectada seguido de una serie de actividades enfocadas a interpretar los datos encontrados e implementar estrategias de diseño arquitectónico para las aulas. Entre algunas de las conclusiones a las que llegó el autor se puede encontrar que en Colombia y otros países de Latinoamérica no es bien aceptada la idea de utilizar

contenedores para la construcción de aulas escolares. Sin embargo, la misma investigación encuentra que las ventajas son mayores lo cual justifica el diseño de aulas escolares utilizando dichos materiales. Concluye además que el uso de contenedores se convierte en una solución económica y muy rápida; finalmente concluye que al realizar un diseño apropiado considerando factores como la bioclimática, materialidad, orientación espacial, etc. Los contenedores se convierten en un opción válida para el diseño de aulas para colegios en Bogotá con lo cual si son funcionales y es viable su implementación (Parra, 2017).

Con respecto al uso de contenedores para actividades constructivas, como es el caso de vivienda social, se encuentra que en mayo de 2018 fue presentado en la Segunda conferencia Internacional Memareyat MIC2018 de la Universidad de Effat en Jeddah, KSA, el artículo titulado “Shipping Containers as a Modular Component for Green Economic Buildings”/ Contenedores Marítimos Como Componentes Modulares Para Edificios Económicos Ecológicos, por la Dra. Mai Madkour Profesora de Arquitectura- A.E.D. y directora general – Programa EAE, Facultad de Ingeniería, Universidad Tanta, Tanta, Egipto y Dr. Alaa A. El Manzlawy Profesor de Arquitectura - A.E.D., Instituto Superior de Ingeniería y Tecnología (MET), Al- Mansoura, Egipto.

En esta investigación mostraron que debido al rápido crecimiento de la población en Egipto el cual desembocó en un déficit de viviendas económicas, hay una necesidad de investigar nuevas técnicas económicas para construir viviendas baratas a través de la reutilización de contenedores marítimos en Tanta Egipto (Madkour y El Manzlawy, 2018). La investigación se enfoca principalmente en medir la viabilidad de utilizar contenedores marítimos para encontrar soluciones para construir edificios económicos que apunten a la arquitectura ecológica en Egipto utilizando contenedores como componentes modulares en edificios construidos considerando que su uso es más económico que el uso

de los sistemas de construcción tradicional. La hipótesis que manejaban era que la construcción modular puede utilizarse en diferentes tipos de construcciones, sin embargo puede sobresalir en donde la seguridad y la velocidad son de vital importancia. Los sistemas de construcción modular actuales pueden brindar reducción de tiempos establecidos, menor desperdicio y menores defectos en obra. Además pueden proporcionar un lugar de trabajo más seguro y limpio para los trabajadores y el personal de obra (Madkour y El Manzlawy, 2018).

Las conclusiones a las que llegaron los autores, es que los materiales de construcción constituyen entre el 55% y el 65% del total del costo de construcción. Pero esta investigación ha demostrado que los contenedores marítimos como materiales constructivos reducen el costo de construir una vivienda en hasta el 50% y tiene el potencial de aumentar el desarrollo de viviendas en masa, pero desafortunadamente, los inversionistas no han querido hacer uso de ella. En conclusión, los contenedores marítimos, poseen mayores opciones de sustentabilidad para proveer viviendas asequibles en Egipto y en países en vía de desarrollo.

Estas conclusiones realizadas por Madkour y El Manzlawy (2018), son relevantes para el proyecto pues permiten conocer hasta qué punto el uso de contenedores en la construcción en general, puede llegar a ser conveniente para la reducción de costos totales, si bien no se enfoca propiamente en la construcción de un colegio, la información que proporciona, permite extrapolar la conveniencia del uso de contenedores para reducir costos en la construcción, visto desde una perspectiva internacional.

Ahora bien, también se consultó el trabajo de grado: Comparación de tiempo de ejecución y presupuesto de la obra en los sistemas constructivos entre una vivienda de interés social (VIS) y vivienda en contenedores marítimos habitables, realizado en noviembre del 2017, presentado a la facultad de

Ingeniería de la Universidad Católica de Colombia, por Mery Yovanna Poveda Jiménez, como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil.

En este trabajo de investigación se buscó comparar entre la construcción tradicional y la construcción utilizando contenedores para determinar qué sistema constructivo tenía mayores ventajas a la hora de construir una vivienda de interés social teniendo en cuenta: el tiempo de ejecución, el diseño y el presupuesto de obra, basado en la hipótesis que el sistema constructivo con contenedores sería más económico y se podría ejecutar la obra en un menor tiempo. Las conclusiones a las que se llegó fueron que efectivamente el costo de construcción se reduce y el valor ofertado para la compra rondaría los 113 SMMLV, hay una mejora en el tiempo de ejecución y de la entrega de la vivienda, la construcción tradicional tienen mayor costo debido a los materiales que utiliza y el tiempo de ejecución es mayor por los periodos de espera para que fragüe. Y por último que ambos sistemas necesitan de licencia de construcción y de una cimentación (Poveda, 2017).

Marco Teórico

Historia contenedores marítimos y su uso en la arquitectura

El contenedor de transporte fue inventado y patentado por Malcolm McLean en 1956, convirtiéndose en un objeto revolucionario al ser la primera solución universal para el transporte de mercancías protegiéndolas contra daños y robos y reduciendo el tiempo y los costos de distribución. Sin embargo, a pesar de su difusión mundial, al principio, no hubo interés hacia este objeto industrial por parte de la arquitectura.

Algunos años después de su implementación como sistema de transporte universal, el planeta atestiguó la acumulación de contenedores abandonados en los puertos marítimos por el incremento de las importaciones y el alto costo que suponía el reenviar contenedores vacíos a su lugar de origen en comparación con la fabricación de unos nuevos. Ante esta situación, surgió la necesidad de plantear una solución para dar salida a estos objetos que, de pronto, habían perdido su función original. De este modo, estos objetos accesibles, resistentes y muy baratos, potenciaron una idea: su uso como elemento constructivo de un nuevo sistema arquitectónico económico, ecológico y rápido (Poveda, 2017).

Siendo un artefacto industrial que no fue hecho para ser habitable por el hombre, aun así, el contenedor comenzó a usarse por los arquitectos como elemento constructivo accesible y de numerosas cualidades, tantas que dieron auge a una nueva práctica en la arquitectura, conocida como la Cargotectura (arquitectura con contenedores de transporte), la cual se ha ido desarrollando en todo el mundo.

La Cargotectura está tomando cada vez más fuerza debido a las múltiples ventajas que ofrece. Según la Intermodal Steel Building Units (ISBU) y Container Homes Association el uso de contenedores para la construcción es uno de los sectores con mayor crecimiento en todo el Globo y particularmente en los Estados Unidos. Lo anterior es bastante lógico si se tiene en cuenta que la cargotectura propende por proyectos de bajo costo, fáciles de transportar y modular, con gran cantidad de clientes potenciales y de fabricación masiva, lo que aumenta el mercado de dichos proyectos. Gracias a que los contenedores son un subproducto de la cadena de transporte del comercio mundial, son baratos, reciclables y reutilizables y están prefabricados y disponibles en todas partes, de modo que se pueden desmontar y reciclar edificios de contenedores o modificar por completo el uso de sus partes.

El primer documento de tipo oficial con respecto al uso de contenedores marítimos como material de construcción fue redactado por Phillip Clark y Nicholas Lacey, y publicado en 1962. Ya en el año de 1984, Clark construyó la primera casa hecha con contenedores presentando y obtuvo la patente para el método de convertir contenedores usados en el envío de hacer en una edificación habitable. Fue así como este arquitecto inauguró un nuevo sistema de construcción en el que la creatividad es el componente principal de la edificación.

Actualmente, Según Amarilo (2019):

El arquitecto estadounidense Adam Kalkin es considerado el mayor promotor de la arquitectura en contenedores reciclados. En lugar de emplearlos para obras o refugios temporales, como muchos ya lo habían hecho, Kalkin fue uno de los primeros en transformarlos en elementos protagonistas de construcciones de carácter permanente al trabajar bastante en el diseño, como es el caso de la icónica vivienda Bonny Lanne, que concibió para él mismo en 2001, entre muchas otras. Hoy, su firma Industrial Zombie se dedica a desarrollar toda clase de proyectos de cargotectura (residenciales, comerciales y corporativos) en Estados Unidos, Francia, Italia, Australia y algunos países de África (párr. 3).

Aunque la vida útil del contenedor es de medio siglo, su impacto en la arquitectura ha sido importante. Si bien hay críticas respecto a los proyectos en cuanto a la calidad vista desde la construcción y hay un fuerte escepticismo frente a considerar a la cargotectura como la solución arquitectónica del futuro, no se puede negar que los diseños son interesantes vistos desde la estética y contribuyen a la reflexión arquitectónica.

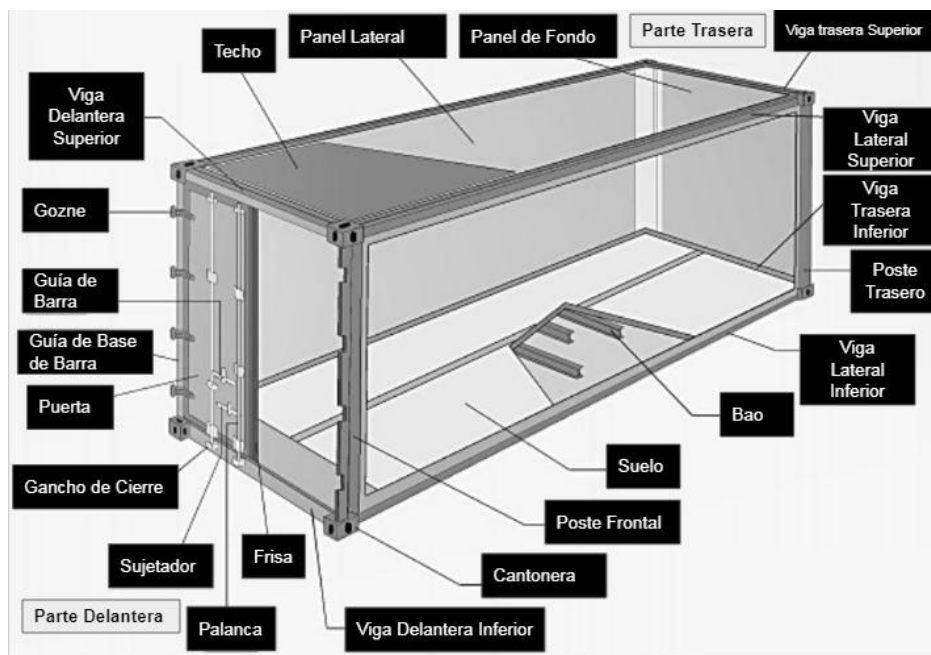
Características de los contenedores marítimos

Los contenedores son recipientes de carga que se utilizan en el transporte nacional e internacional, en vías: marítimas, aéreas, fluviales y terrestres. Hay de diferentes formas y tamaños dependiendo del largo y alto que se necesite. Sus características están reguladas por medio de la norma ISO-668:2. Esta regulación también influye en la manipulación y adaptación de los contenedores a los espacios referentes al transporte y almacenaje (TecLogistic, 2021).

Principalmente, en cuanto a materiales, los contenedores marítimos se elaboran con acero el cual es corrugado, otros materiales utilizados para fabricarlos son el aluminio y la madera contrachapada y se refuerza con fibra de vidrio. Para su uso en obras constructivas, es necesario conocer sus partes las cuales se pueden ver en la figura 8. Asimismo, a modo genérico, en la tabla 2, se muestran las dimensiones estándar de los contenedores.

Figura 8

Partes de Un Contenedor Marítimo



Nota: Se puede ver las partes de un contenedor marítimo, tan externa como internamente. Adaptado de: “La arquitectura con Contenedores, Análisis, ventajas y desventajas” Ovacen, 2021. (<https://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/>)

Tabla 2

Dimensiones y características estándar de los contenedores

		20 Pies	40 pies	40 Pies HC
Largo	Interior	5.90 m	12.00 m	12.00 m
	Exterior	6.00 m	12.20 m	12.20 m
Ancho	Interior	2.34 m	2.34 m	2.34 m
	Exterior	2.40 m	2.40 m	2.40 m
Altura	Interior	2.4 m	2.40 m	2.71 m

	Exterior	2.50 m	2.60 m	2.89 m
Tara		2.300 kg	34.000 kg	36.000 kg
Carga almacenable		26.000 kg	34.000 kg	36.000 kg
Capacidad		33.3 m3	67.7 m3	76.5 m3

Nota: Dimensiones y características de los contenedores según su tamaño en pies. Adaptado de: “La arquitectura con Contenedores, Análisis, ventajas y desventajas” Ovacen, 2021. (<https://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/>)

Tipos de conexiones para construcción con contenedores

Los contenedores marítimos han demostrado poseer muchas ventajas a la hora de realizar construcciones con ellos, una de las razones de esto es la forma en que se pueden conectar varios contenedores haciendo uso de una parte muy característica de todos ellos, esta es: la cantonera (Ver *figura 8*), por medio de este elemento es muy fácil realizar la unión de varios contenedores. Según ShelterMode (2018), Los conectores de los contenedores impiden realizar una unión perfecta entre ellos por lo que es necesario utilizar métodos específicos para sellarlos al realizar la unión (Ver *figura 9*).

Figura 9

Separación entre contenedores



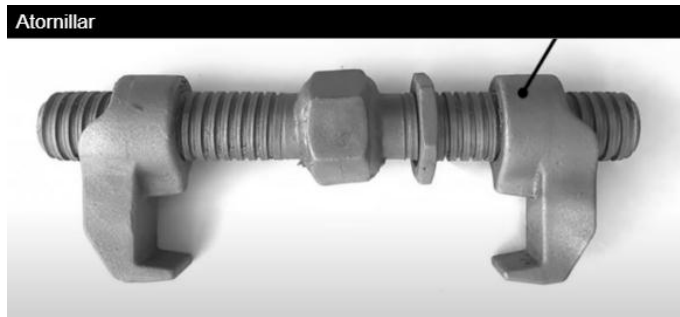
Nota: Se pueden ver las separaciones que quedan al unir dos contenedores marítimos. Tomado de: How to connect and seal 2 Shipping containers joined together to form a house. ShelterMode. 2018.

(https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

Para poder realizar una conexión correcta de varios contenedores hay que seguir una serie de pasos que según ShelterMode (2018) son tres: 1) Asegurar los contenedores en una placa o base, en caso de que no vayan a retirarse en un futuro se pueden asegurar con una placa de acero a la placa o cimiento. 2) Conectar los contenedores entre sí. Para esto se pueden encontrar varios métodos: a) atornillar, b) Soldadura y c) Atar (*ver figura 10, 11 y 12*). 3) Realizar un sellado a prueba de agua. Se debe sellar y asegurar que las uniones son a prueba de agua, es necesario tener en cuenta que las cantoneras impiden un sellado perfecto cuando se realiza la unión de dos o más contenedores. Para evitar esto hay varios métodos: a) tirilla de masilla, b) Cemento a prueba de agua y c) Colocar un techo adicional.

Figura 10

Tipos de conexiones para construir con contenedores: Atornillar

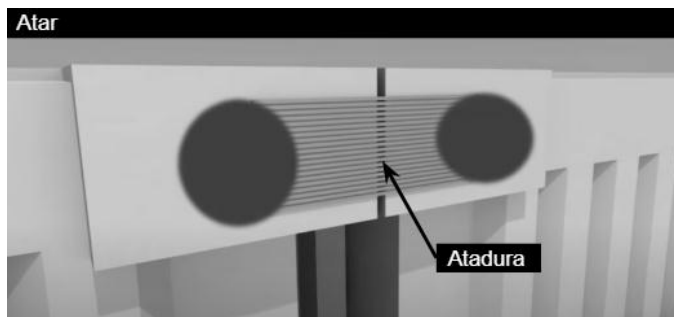


Nota: Se pueden ver los tipos de conexiones que se pueden utilizar para conectar contenedores marítimos en el momento de construir. Adaptado de: How to connect and seal 2Shipping containers joined together to form a house. ShelterMode. 2018.

(https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

Figura 11

Tipos de Conexión en Contenedores: Atar

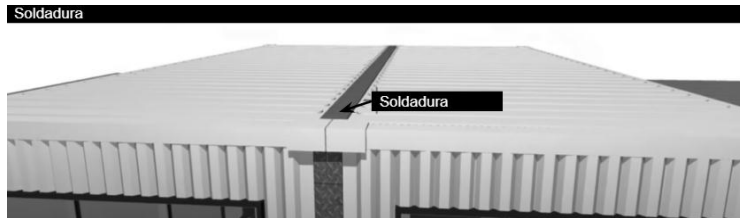


Nota: Se pueden ver los tipos de conexiones que se pueden utilizar para conectar contenedores marítimos en el momento de construir. Adaptado de: How to connect and seal 2Shipping containers joined together to form a house. ShelterMode. 2018.

(https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

Figura 12

Tipos de Conexión Contenedores: Soldadura



Nota: Se pueden ver los tipos de conexiones que se pueden utilizar para conectar contenedores marítimos en el momento de construir. Adaptado de: How to connect and seal 2Shipping containers joined together to form a house. ShelterMode. 2018.

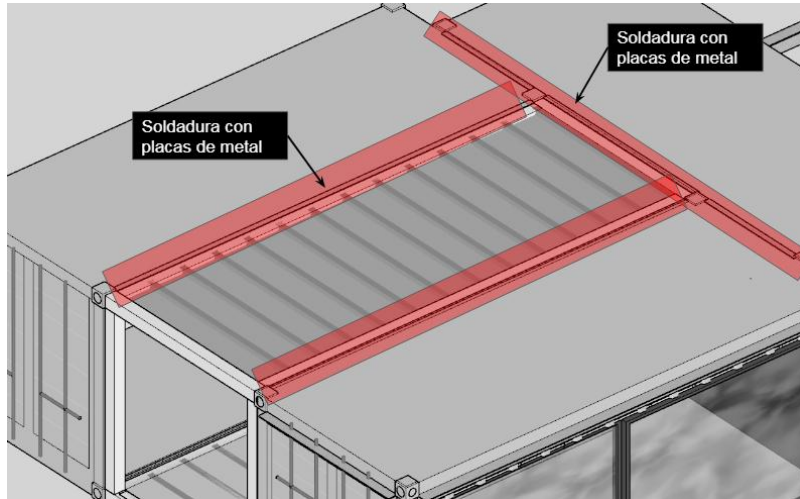
(https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

Métodos para conectar contenedores entre sí

Según ShelterMode (2018), los tres métodos para conectar contenedores entre si se realiza de la siguiente manera:

➤ **Soldadura:**

El más común y más utilizado en la construcción; se deben alinear perfectamente los contenedores luego se procede a soldar y por último se sueldan placas de acero en los espacios que quedan entre los contenedores para un sellado perfecto. Por último se debe aplicar anticorrosivo, sin embargo es el método más costoso por el gasto de energía y necesidad de cuadrillas especializadas en soldadura (*Ver figura 13*).

Figura 13*Unión de Contenedores con Soldadura*

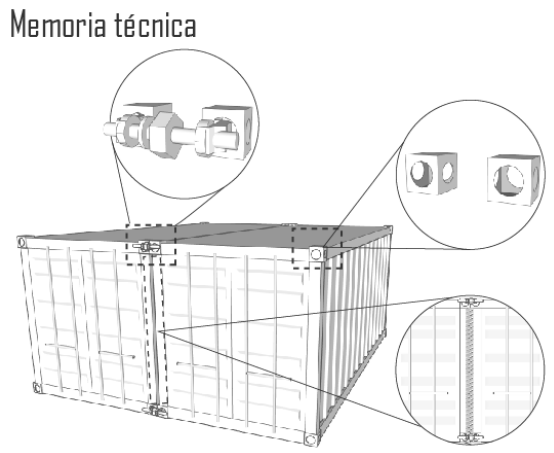
Nota: Método de unión de contenedores para el proyecto del colegio: Soldadura. Elaboración propia.

➤ **Atornillar:**

Se debe asegurar que se encuentre bien alineados, se utilizan tornillos especiales llamados Corner-casting bolts o Tornillos conectores de esquinas; Se debe mantener engrasados los tornillos para evitar el óxido y su deterioro, sin embargo es un método más económico y fácil de utilizar, y es muy recomendado en caso de ser necesario desmantelar y reubicar la vivienda o construcción. Su desventaja es que no es una unión permanente o a prueba de agua (Ver figura 14).

Figura 14

Unión de Contenedores: Atornillar



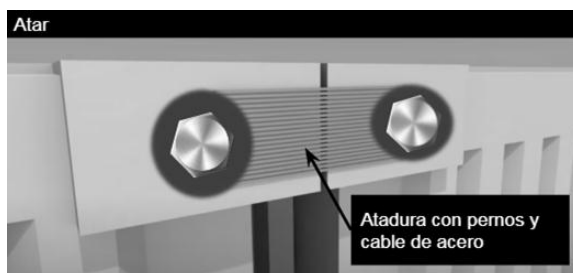
Nota: Método de unión de contenedores en el proyecto del colegio utilizando el método de atornillar. Elaboración propia.

➤ **Atar:**

Es el más barato, se utilizan varios cables de acero antioxidantes, se insertan por los agujeros de los conectores que poseen los contenedores, y se aseguran fuertemente; este método es un poco rudimentario y se utiliza especialmente para construcciones temporales. (Ver figura 15).

Figura 15

Método para Unir Contenedores: Atar



Nota: Método para unir contenedores, Atar, utilizando pernos y cables de acero. Adaptado de: How to connect and seal

2Shipping containers joined together to form a house. ShelterMode. 2018.

(https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

Métodos para sellar los contenedores

Según ShelterMode (2018), los métodos para sellar los contenedores son los siguientes:

➤ **Tirilla de Masilla:**

Se sella la hendidura con masilla y luego se le aplica silicona, al interior del contenedor se aplica spray foam para dejarlo a prueba de agua de manera permanente; el spray foam también sirve para regular la temperatura interna del contenedor.

➤ **Cemento a Prueba de Agua:**

Los techos de los contenedores están diseñados para que drenen el agua por los costados, la mejor solución es elevar el centro de la unión de los contenedores y crear así una pendiente para drenar el agua por los costados; para esto se puede utilizar materiales a prueba de agua como el cemento a prueba de agua o masilla de asfalto u otro tipo de impermeabilizante, es necesario pintarlo con una caneca de pintura que refleje la luz solar para evitar el aumento de la temperatura.

➤ **Techo Adicional:**

Esta solución contempla el crear un techo adicional sobre la primera conexión realizada, el techo adicional permite drenar el agua o incluso nieve antes de que llegue a tener contacto con el contenedor; se pueden utilizar diferentes tipos de techos como por ejemplo: techo con teja corrugada, techos verdes, etc. Otra ventaja es que utilizar techos adicionales puede aumentar el atractivo del proyecto.

En conclusión luego de ver los tipos y formas de conectar y sellar contenedores marítimos para su uso en la construcción, se puede decir que los tipos de conexión que son más efectivos para adecuar los contenedores para un uso continuo y prolongado en un sitio determinado son los de atornillar y soldar, sin embargo, es necesario hacer notar que según lo que nos dice Arquitectura en Acero (2021), atornillar o apernar estructuras metálicas tiene un menor uso de energía, es más barato, no requiere mano de obra especializada, se puede realizar en terreno con mayor facilidad y además tiene menores emisiones de sustancias nocivas para el medio ambiente, mientras que las conexiones de soldaduras son más costosas, requieren de mano de obra especializada, y su uso en terreno no es tan eficiente como en el taller, por lo que se aconseja utilizar las conexiones por soldadura para realizarlas en taller mientras que las conexiones por pernos o tornillo en obra. Ahora bien, si la construcción es de carácter temporal, lo que más se recomienda en esos casos es utilizar las conexiones por atadura ya que son las de menor costo y de rápida instalación.

En cuanto al sellamiento se puede concluir que los techos verdes son una opción muy efectiva si se desea aportar al proyecto un espacio de vegetación y un carácter de sostenibilidad, sin embargo se debe tener en cuenta que es un sistema costoso comparado con las otras opciones como son por ejemplo el uso de techos falsos adosados a la parte superior del contenedor o la impermeabilización con materiales utilizados en cubiertas normales que brindan al contenedor la capacidad de repeler el agua hacia los costados evitando filtraciones al interior de la vivienda o del proyecto.

Elementos no estructurales

Los elementos no estructurales son aquellos que no cumplen una función directa en el manejo de las cargas que afectan una edificación, según la Organización Panamericana de la Salud [OPS] (1993), en su guía Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud - Volumen 4: Aspectos de Ingeniería,

nos explica que elementos son considerados como elementos no estructurales: cielo rasos, paneles, ventanas, puertas, paredes y otros elementos dentro del edificio.

Según Silva (2020), al término “elementos no estructurales” generalmente se le resta importancia a la participación que tienen frente a la respuesta que desempeñan frente a efectos sísmicos a diferencia de su contraparte los “elementos estructurales”. Sin embargo, gran parte de las pérdidas de vidas al momento de un sismo se presentan justamente por la inestabilidad de muros y su eventual falla, es decir, aquellos elementos no estructurales que se piensa no son tan importantes.

Este mismo autor explica que los muros divisorios se pueden considerar como uno de los elementos que tiene una mayor participación durante un sismo, debido a su gran rigidez y poca resistencia en el plano; a pesar de esto, si cuentan con una buena calidad y están dentro del pórtico pueden ayudar a aportar capacidad. Además es necesario prestarle atención a los muros interiores y de fachadas los cuales pueden presentar fallas o fisuras durante un sismo.

Siguiendo con la explicación de Silva (2020), nos menciona que los muros terminan rigidizando la estructura, hecho que termina atrayendo la fuerza sísmica, puesto que dicha fuerza es atraída a los lugares con mayor rigidez, por tanto es diseño sismo-resistente se vuelve de suma importancia pues de que sea acertado o no, dependerá el que no ocurra la falla. Adicionalmente el autor explica, que también se debe tener en cuenta que si se introduce rigidez al azar se puede llegar a distribuir las cargas de manera desigual y terminar generando una fuerza de torsión, lo cual es muy grave especialmente cuando se realizan reparaciones locativas o adiciones por actualización de acabados. Ante esto se recomienda contar con la asesoría de un ingeniero estructural.

Contenedores como elementos no estructurales

Los contenedores han sido diseñados para resistir fuertes acciones contra ellos de forma tal que resistan ante la intemperie y puedan proteger las mercancías que llevan al interior; según Sánchez (2017), los contenedores fueron diseñados meticulosamente de forma tal que su estructura portante soporte las inclemencias climatológicas externas, al menor costo. Para esto la base es muy rígida y resiste todo tipo de acciones; la base está hecha con un entramado de perfiles metálicos robustos en los cuales se coloca el solado que usualmente es un contrachapado de abedul o bambú.

Con respecto al resto de la estructura, Sánchez (2017), comenta que ha sido construido con perfiles tubulares rectangulares en todas sus aristas, además lleva una chapa metálica plegada que cubre todas sus caras; por lo general esta echo de acero, aunque también se pueden encontrar contenedores fabricados de aluminio y de madera y esta es soldada a las base y a los perfiles de las aristas, la chapa plegada le da una gran resistencia a todo el conjunto.

Además, Sánchez (2017) menciona que una vez terminado el contenedor este tiene la propiedad de resistir en gran manera acciones de flexión, flexo-tracción y flexo-compresión. Es por esto que a los contenedores les colocan las cantoneras para los twist-locks en cada una de sus esquinas, para que puedan engancharse a las grúas especiales y además puedan realizar su trincaje en buques y camiones. Esa chapa metálica plegada es de suma importancia para la resistencia estructural del contenedor, ya que esta soporta las cargas de forma continua.

Ahora bien, aunque los contenedores fueron construidos para resistir fuerzas y acciones bruscas contra ellos y los artículos que transportan, su uso en la construcción ha tomado en cuenta esta característica y le ha sacado ventaja para proponer diseños de viviendas, edificios, alberges, refugios, etc. Según Sánchez (2017), el desarrollo de construcciones utilizando contenedores se ha dado de forma

ascendente, llegando los arquitectos en el final del proceso. Según ella, los contenedores con unas características muy favorables como por ejemplo que son compactos, resistentes a la intemperie, son robustos y resisten al fuego, a sismos y terremotos, etc. Los hizo muy populares entre las personas que necesitaban un albergue, tienda o refugio, especialmente en países tercermundistas, que los utilizaron de forma espontánea y sin mucho diseño. Es ya en occidente donde se realiza un manifiesto donde mostraban como un contenedor se podía convertir en un espacio habitable aunque claramente se consideraba un diseño de espacio reducido.

Estas características de los contenedores los han hecho muy populares y es la razón por la que su forma o conformación física, los hace perfectos para comportarse como elementos no estructurales dentro de un proyecto reemplazando: muros, techos, pisos y puertas. En el caso del proyecto del colegio, el contenedor servirá como elemento no estructural para crear espacios donde su función será de albergue, protección y resguardo mientras que se cederá el papel para elementos estructurales a los sistemas de construcción tradicionales como es el caso de la estructura metálica.

Ahora bien, según lo que mencionaba Silva (2020), en la sección de elementos no estructurales, los contenedores proporcionan una gran ventaja constructiva pues su conformación como conjunto los hace particularmente resistente ante situaciones extremas como es el caso de sismos y terremotos, por lo que los contenedores marítimos presentan una gran ventaja, ya que sus láminas de acero o aluminio corrugado, presentes en todas sus caras, están diseñadas para resistir dichas fuerzas sin sufrir agrietamientos, fisuras o fallas hecho que sí puede suceder en muros, paredes, placas y techos contruidos con mampostería o con concreto.

Dentro del proyecto del colegio, los contenedores tendrán como función ser elementos no estructurales reemplazando techos, pisos y cielo rasos, para las aulas de preescolar, baños, porterías,

bici parqueaderos y zonas de estudio individual en la biblioteca. En estos casos la estructura se realizará en metal y los contenedores se atornillaran o soldarán, según sea el caso, a las vigas y columnas metálicas.

Sostenibilidad en Arquitectura

El sector de la construcción y todas las actividades y subsectores asociados a él, modifican considerablemente el entorno generando un impacto ambiental a gran escala. Construir edificaciones implica el consumo de los recursos naturales de un territorio, aumenta los gases de efecto invernadero que se emiten, incrementa la contaminación y produce gran cantidad de residuos sólidos, esto sucede durante el proceso constructivo y en toda la vida útil de los edificios. En cuanto al impacto social, el rápido crecimiento de las zonas urbanas y, por ende, de la cantidad de construcciones, incide negativamente en sectores como el del transporte y los servicios públicos. De aquí que, desde hace unas décadas, comenzara a hablarse de la reutilización/reciclaje de las edificaciones en aras de disminuir también la inversión en el mantenimiento y derribo de las mismas (Miñan, 2012).

Como se puede ver, la sostenibilidad en arquitectura no es algo nuevo, sino que ha llevado al desarrollo de diversas técnicas constructivas, a lo largo de los últimos años, que propenden por la mitigación del impacto sobre el medio ambiente, utilizando numerosos criterios y estándares. El ámbito ambiental forma parte importante de los lineamientos necesarios para las nuevas construcciones, buscando el avance tecnológico basado en el uso de energías alternativas, otorgando un beneficio ambiental y social a las comunidades y evitando la producción de los residuos y desechos que no son renovables. Dentro de dichos avances, se incluyen como ejes importantes las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) en las que el diseño de construcciones utilizando estructura que ya existen o también en

algunos casos que han sido dados de baja o que se encuentran en desuso, permiten tener espacios de vanguardia sostenible.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que la cargotectura utiliza tres principios ecológicos básicos que son: el reciclaje, la reutilización y la reducción; en el momento en que se utilizan los contenedores en desuso lo cual ayuda a reducir los materiales empleado en la industria de la construcción (Amarilo, 2019).

A su vez, de acuerdo con el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible [CCCS] y La Cámara Colombiana de la Construcción [CAMACOL] (2020), la sostenibilidad en la construcción hace referencia al desarrollo de mejores prácticas de diseño, fabricación y operación de las edificaciones, de modo que se aporte a la solución y a la prevención del cambio climático, se reduzca la pérdida de biodiversidad y se propenda por conseguir alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Adicionalmente, es necesario considerar que, como menciona Miñan (2012), la construcción sostenible abarca tanto la elección apropiada de materiales y procesos constructivos, como también el entorno urbano y el desarrollo que se le dé a este. Se tiene en cuenta una adecuada gestión de los recursos naturales y su reutilización al tiempo que busca la conservación de la energía. Y además, aborda temas relacionados con: la planificación, los hábitos, el comportamiento social, y el cambio de uso en los edificios para incrementar la vida útil del mismo. Se analiza todo el ciclo de vida del edificio comenzando desde las materias primas y el diseño arquitectónico, hasta su regreso en formas residuales (Miñan, 2012).

Estrategias de Sostenibilidad

Dentro de las estrategias de sostenibilidad disponibles se pueden encontrar las siguientes que según Fr4 Constructora (2021) son: Diseño Circular, esta estrategia se basa en tomar los recursos y

hacerlos circular de tal manera que se pueda llegar a reutilizar todos los materiales que sean posibles. Todo esto según las tres reglas de la sostenibilidad: re-usar, reducir y reciclar, todo para lograr reducir residuos y desperdicios.

Eficiencia energética, continuando con lo que explica la página, busca llegar a un consumo energético cero, para esto la edificación debe producir energía en la misma cantidad o incluso mayor que la que consume, para conseguirlo se debe realizar un diseño que fomente la eficiencia energética, por medio de la bioclimática. Dialogo con la ciudad, lo que se busca es que el proyecto interactúe con la ciudad y ayude a cuidar el medio ambiente, se debe ofrecer algún tipo de beneficio social. Desarrollo de construcciones flexibles y longevas, ya que las construcciones se están volviendo obsoletas con facilidad se requiere que las construcciones sean flexibles y que se puedan adaptar a las nuevas tecnologías. Todo esto con el fin de que las edificaciones puedan ser longevas, de uso prolongado, y permanezcan funcionales sin que se llegue a afectar su estructura.

Y por último, utilizar recursos locales, que según Fr4 Constructora (2021) es la estrategia de utilizar los materiales que se pueden hallar en las cercanías del lugar sin necesidad de realizar grandes trayectos para abastecer la obra de los materiales de construcción, ya que esto lo único que produce es un aumento de los costos y en las emisiones de CO2 para el combustible necesario en el transporte de los materiales.

Sostenibilidad de materiales

Extraer recursos y obtener materiales para la construcción genera una afectación del medio ambiente y representa un desgaste paulatino de la naturaleza, considerando que la mayoría de recursos no son renovables y que la tasa de extracción es más elevada que la de recuperación de un territorio. En

la tabla 3 y en la figura 16 se muestra el impacto de los principales materiales de construcción en el medio ambiente.

Tabla 3

Impacto Ambiental de los Principales Materiales de Construcción

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

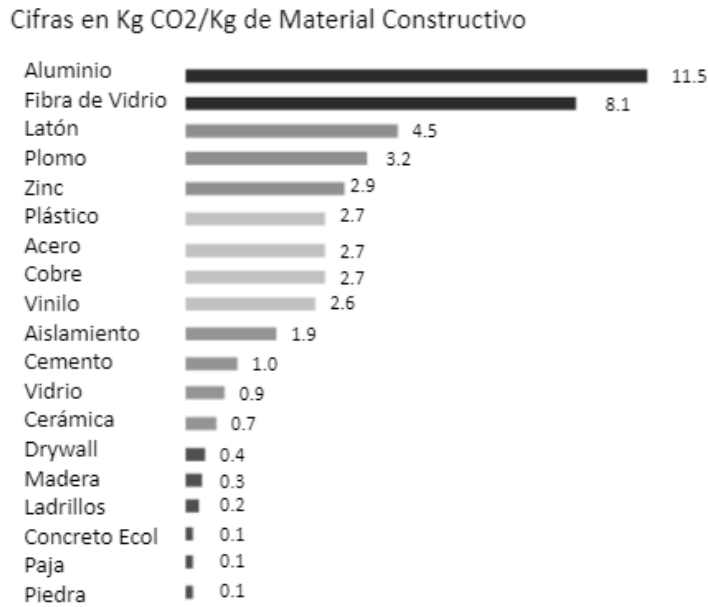
+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Nota: Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida de materiales. Tomado de: “Guía de construcción sostenible” Baño y Vigil-

Escalera, 2005. (<http://istas.net/descargas/CCConsSost.pdf>)

Figura 16

Cifras en Kg CO₂/ Kg de Material Constructivo



Nota: Cifras de producción de 1 Kg CO₂ por 1 Kg de Material Constructivo. Adaptado de: “Embodied Carbon - The ICE Database” Circular Ecology, 2020. (<http://www.circularecology.com/ice-database.html>)

Si se habla de construcción sostenible, se debe hablar entonces también de materiales sostenibles. Como afirma Uribe (2012), es necesario el desarrollo de nuevos productos, pues es sabido que actualmente las reservas de combustibles fósiles se están agotando, además no hay garantía de la capacidad de la tierra de asimilar los materiales tóxicos que se producen, y lo que es más importante, dichos productos tienen muchos químicos que deterioran la calidad de vida y la salud de las personas.

En la naturaleza y el mercado, se puede encontrar diversos materiales eco-amigables que son cultivados, extraídos o producidos de forma controlada, además de ser duraderos, seguros y resistentes (Uribe, 2012). Dichos materiales deben cumplir con las siguientes características, según lo que nos menciona este mismo autor:

Garantizar la calidad del aire en interiores y exteriores, para que no generen sustancias tóxicas que puedan afectar la salud de trabajadores que las usan como también de los ocupantes de las

edificaciones y que no lleguen a incrementar la polución ni la acumulación de residuos durante su extracción, producción y uso. Minimizar el uso de energía y evitar cambios térmicos extremos, ya que con esto se reduce el consumo energético, se simplifica el mantenimiento de la construcción y se tiene una buena resistividad térmica; tener buena o alta durabilidad, que sean reutilizables, reciclables y biodegradables. Ser estandarizables y tener bajo costo económico (Uribe, 2012).

A continuación se muestra una tabla con las generalidades de los materiales y su aporte a la sostenibilidad:

Tabla 4

Impacto ambiental y alternativas sostenibles de los materiales empleados en construcción

Tipo de material	Impacto ambiental de su uso convencional	Alternativas/beneficios de su uso sostenible	Kg CO ₂ / Kg de Material
Maderas	Los tratamientos para su conservación pueden ser tóxicos. Su obtención ha generado deforestación, desertificación y pérdida de suelo, pérdida de biodiversidad.	Se comercializan tratamientos compuestos de resinas vegetales no tóxicas. Debe proceder de un territorio forestal gestionado de forma sostenible (lo cual se certifica mediante el sello FSC) Puede reciclarse La madera es muy eficiente como sistema de pilares, vigas y jácenas.	0.3 Kg CO ₂ / Kg
Metales	Necesitan un elevado consumo de energía y tienen emisiones dañinas para la atmosfera. Muchos son tóxicos para la salud y los ecosistemas.	Por sus propiedades mecánicas, son elementos estructurales valiosos, ya que podrían resistir enormes cargas, y tienen un alto valor en obra.	Aluminio 11.5 kgCO ₂ /Kg Latón 4.5 kgCO ₂ /Kg Plomo 3.2 kgCO ₂ /Kg Acero 2.7 kgCO ₂ /Kg Cobre 2.7 kgCO ₂ /Kg

Plásticos	Proviene del petróleo, para su producción se necesita un elevado consumo de energía con alta contaminación.	Como material de construcción proveen alta resistencia, estabilidad y son ligeros. Pueden utilizarse para aislamiento; puede reemplazar materiales tradicionales en instalaciones ya que su presentación es excelente y tienen un buen comportamiento ambiental.	2.7 kgCO ₂ /Kg
Pinturas	Muchas se componen de derivados de petróleo. El principal impacto se origina por vertimientos en lugares no adecuados y por riesgos producto de emanaciones contaminantes. Los de uso más común son aquellas espumas que vienen en forma proyectada o en panel, compuestas por CFC (clorofluorocarbonos) los cuales son los causantes de daños en la capa de ozono y del aumento del efecto invernadero o por HCFC (Hidroclorofluorocarbonos) y el HFC causantes del calentamiento global.	Han aparecido variedad de pinturas ecológicas y naturales reemplazando a las producidas con hidrocarburos por aquellas provenientes de la naturaleza.	2.6 kgCO ₂ /Kg
Aislantes	Los de uso más común son aquellas espumas que vienen en forma proyectada o en panel, compuestas por CFC (clorofluorocarbonos) los cuales son los causantes de daños en la capa de ozono y del aumento del efecto invernadero o por HCFC (Hidroclorofluorocarbonos) y el HFC causantes del calentamiento global.	Otras opciones que se pueden encontrar son las fibras naturales, de vidrio, de roca, etc. El vidrio celular, la celulosa, el corcho o el cáñamo los cuales proceden de fuentes renovables.	1.9 kgCO ₂ /Kg
Pétreos	En su transporte hay un elevado consumo energético. Su extracción puede provocar variaciones o cambios del paisaje, contaminación de fuentes hídricas, acidificación del suelo, pérdida de biodiversidad. Problemas generalizados por el colapso de vertederos. El cemento tiene un elevado consumo de energía y puede llegar a ser peligroso para la salud.	Tienen la mayor duración entre los materiales sostenibles. Se destaca el uso de hormigón reciclado, reduciendo la emisión de escombros. Tienen aditivos que mejoran su resistencia y aceleran el fraguado o para el desencofrar sin presencia de residuos tóxicos. El adobe que son ladrillos de barro sin cocer secadas al sol, utilizan poca energía y tienen una baja contaminación al tiempo que poseen propiedades aislantes.	Cemento 1.0 kgCO₂/Kg Concreto 0.1 kgCO₂/Kg Piedra 0.1 kgCO₂/Kg

Nota: En esta tabla se muestra el impacto ambiental y alternativas sostenibles de los materiales empleados en la construcción junto con la cantidad de Kg CO₂ por cada Kg de Material producido. Adaptado de: “Guía de construcción sostenible” Baño y Vigil-Escalera, 2005. (<http://istas.net/descargas/CCConsSost.pdf>)

Por medio de esta tabla (*Ver tabla 4*), se puede determinar que los materiales de construcción que más daño pueden producir al medio ambiente son aquellos que provienen de metales, y lo que menos producen son los materiales de maderas y pétreos, sin contar el cemento, sin embargo es importante reconocer que todos los materiales tienen implicaciones en cuanto su uso extendido, como es el caso de la madera que si bien tiene un bajo impacto en las emisiones de CO₂, su uso indiscriminado puede afectar el medio ambiente si no se generan estrategias de replantar los árboles que se utilizan, también es importante reconocer que los metales a pesar de tener un alto grado de emisión de CO₂, su reciclaje y reutilización pueden convertirse en estrategias adecuadas para producir un impacto en la sustentabilidad de estos materiales constructivos. Es por esto mismo que en varias investigaciones académicas como la de Ataei (2019). Diseño de edificio de dos plantas con contenedores marítimos, se propone el uso de contenedores como un opción muy interesante a la hora de proporcionar sustentabilidad en los materiales de construcción que se utilizan actualmente y en el futuro.

Principios de Eficiencia Energética

Las viviendas y edificaciones tienen un consumo de energía elevado, no solo por el uso de la electricidad para el funcionamiento de dispositivos electrónicos del hogar, sino también por los aparatos de acondicionamiento climático necesarios para mejorar el confort al interior de los espacios habitables. Sin embargo, hoy en día se ha tomado conciencia de la necesidad de generar ahorros en el consumo energético al interior de los edificios, por lo que ha surgido la necesidad de diseñar los espacios

utilizando estrategias que conviertan los proyectos constructivos en sitios que utilicen de manera adecuada la energía e incluso que lleven los valores de consumo energético a cero. Según Zhovkva (2020), las principales medidas que se utilizan para alcanzar la eficiencia energética son el uso de estrategias de asolación, la ventilación natural, uso de fuentes de energía renovables, uso de materiales que colaboren a ahorrar energía, diseños arquitectónicos enfocados a la eficiencia energética.

Con respecto al uso de energías renovables Construction 21 España (2019), menciona que esta se caracteriza por ser una estrategia activa, mientras que las estrategias para reducir el consumo energético son más de carácter pasivo. Sin embargo su uso conjunto es el que permite mejorar la eficiencia energética, ya que con la reducción de las pérdidas energéticas se reduce el consumo, y con el uso de energías renovables, se pasa a utilizar energías limpias para conseguir la demanda energética que falta.

Como menciona Construction 21 España (2019), las energías renovables más comunes son: la energía solar térmica, la energía solar fotovoltaica, la energía geotérmica, la energía eólica, uso de biomasa reemplazando combustibles fósiles, la cogeneración, y el uso de residuos y basuras. Para poder decidir cuál tipo de energía renovable es la mejor para cada proyecto se debe tener en cuenta ciertos factores como lo son: el clima, la geografía y la función del edificio.

Sello De Eficiencia: Sostenibilidad En La Construcción Y Un Alto Nivel De Confort Interno Y Externo

A nivel internacional han surgido una serie de sellos de calidad para la construcción sostenible que lo que buscan es mejorar el desarrollo constructivo de edificios y viviendas en aras de reducir las emisiones de CO₂ y mejorar el confort interno y externo de los usuarios. Según Romero (2019), la construcción viene teniendo cambios los cuales surgen de la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ producidos por los edificios, los cuales son responsables de hasta un 40% de las emisiones en Europa.

Además hay una nueva conciencia colectiva con respecto a la calidad de vida y el confort, ya que en ellos puede una persona pasar hasta el 90% de su vida afectando con ello su salud, rendimiento, relaciones sociales y otras áreas de la vida. En 1990 comienzan a aparecer sellos de calidad que se enfocaban en el confort y bienestar más que en el consumo de energía y emisiones de CO₂, muchos de estos son referentes internacionales y otros más de influencia en un país en específico.

Dentro de estos sellos de calidad se puede encontrar: Breeam, VERDE GBCe, LEED, Passivhaus, y en el caso de Colombia, el sello Ambiental de Colombia para edificaciones Sostenibles (SAC-ES).

BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) que traduce Método de Evaluación Medioambiental del Organismo de Investigaciones de la Construcción, fue creado en 1990, Según Romero (2019), aunque no es el más famoso si cuenta con gran reconocimiento internacional, y es aplicado en 63 países, llegando a ser el estándar de edificaciones que más se usa a nivel mundial. Este sello no trata únicamente el consumo energético y da una calificación luego de evaluar 10 categorías: "1. Gestión del Proyecto, 2. Salud y Bienestar (confort), 3. Energía, 4. Transporte, 5. Agua, 6. Materiales, 7. Residuos, 8. Uso del suelo y ecología, 9. Contaminación y 10. Innovación" (Romero, 2019, párr. 5)

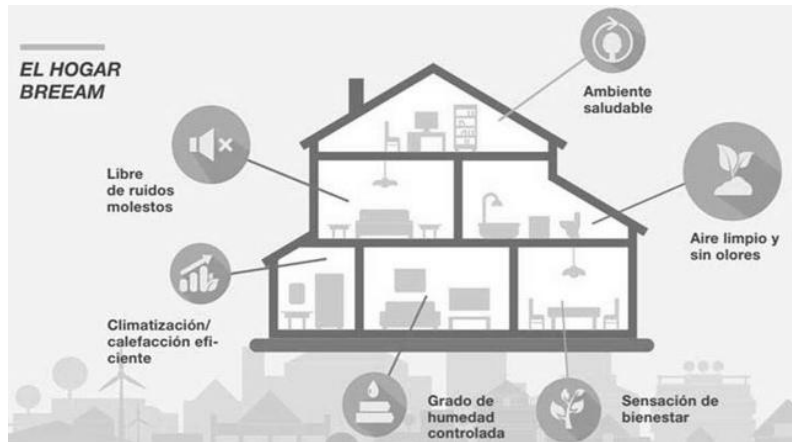
La categoría que más valor da dentro de la calificación es la de Energía, al sumar las puntuaciones se clasifica el edificio en 5 categorías que son: Correcto, Bueno, Muy bueno, Excelente y Excepcional. Si se alcanza el 30% de los puntos se obtiene un BREEAM Correcto y si llega al 85% obtiene el BREEAM Excepcional (Romero, 2019).

Aunque es un sello de calidad no se enfoca específicamente en el consumo energético, Según Romero (2019), aunque el ahorro de energía es muy importante, no se debe menospreciar el sello de

calidad que aporta BREEAM, ya que además de tener en cuenta el consumo de energía, también se enfoca en evaluar el bienestar, la buena gestión y sostenibilidad de la vivienda o edificio (Ver figura 17).

Figura 17

Certificado BREEAM



Nota: En esta imagen se muestra el Hogar BREEAM, donde se representa las condiciones necesarias para acceder al certificado BREEAM. Tomado de: “*Los mejores sellos de calidad y eficiencia energética para viviendas en España*”. Romero, 2019.

(<https://www.arrevol.com/blog/los-mejores-sellos-de-calidad-y-eficiencia-energetica-para-viviendas-en-espana>)

VERDE GBCe

Verde GBCe es un sello creado en España en el año 2008 y sus siglas significan valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios, fue creado por el Green Building Council España, Según Romero (2019), se encarga de evaluar la sostenibilidad ambiental de los edificios. Esta certificación se parece al sistema de BREEAM, pero define un conjunto de 12 impactos y los analiza de acuerdo a como afectan el ciclo de vida del edificio, tiene en cuenta 38 criterios los cuales afectan dichos impactos. Estos impactos abarcan 3 dimensiones de la sostenibilidad: Sostenibilidad Ambiental, social y económica.

Según Romero (2019), una vez que han valorado los criterios y calificado según el peso, se otorga la calificación VERDE que es un trébol y va desde 1 hoja hasta 5. Para poder obtener 1 hoja es necesario haber cumplido con por lo menos el 30% de los criterios, la diferencia con BREEM está en que en esta le dan mayor importancia al consumo energético por lo que si no se desempeña bien en esta área no podrá tener una buena calificación.

LEED

Este Sello de eficiencia fue desarrollada por la U.S. Green Building Council y sus siglas LEED significan Leadership in Energy and Environmental Design que en español traducirían Líder en energía y diseño Ambiental. Según Romero (2019), es un sello basado en puntos que se distribuyen a diferentes áreas, parecido al que se utilizan en BREEAM, y su diferencia se halla en la forma de calcular la puntuación, ya que solo se debe sumar los puntos, no hay necesidad de ponderar y las categorías consideradas más importantes dan más puntos, adicionalmente hay algunas áreas que exigen obtener una puntuación mínima de manera obligatoria para poder obtener el certificado.

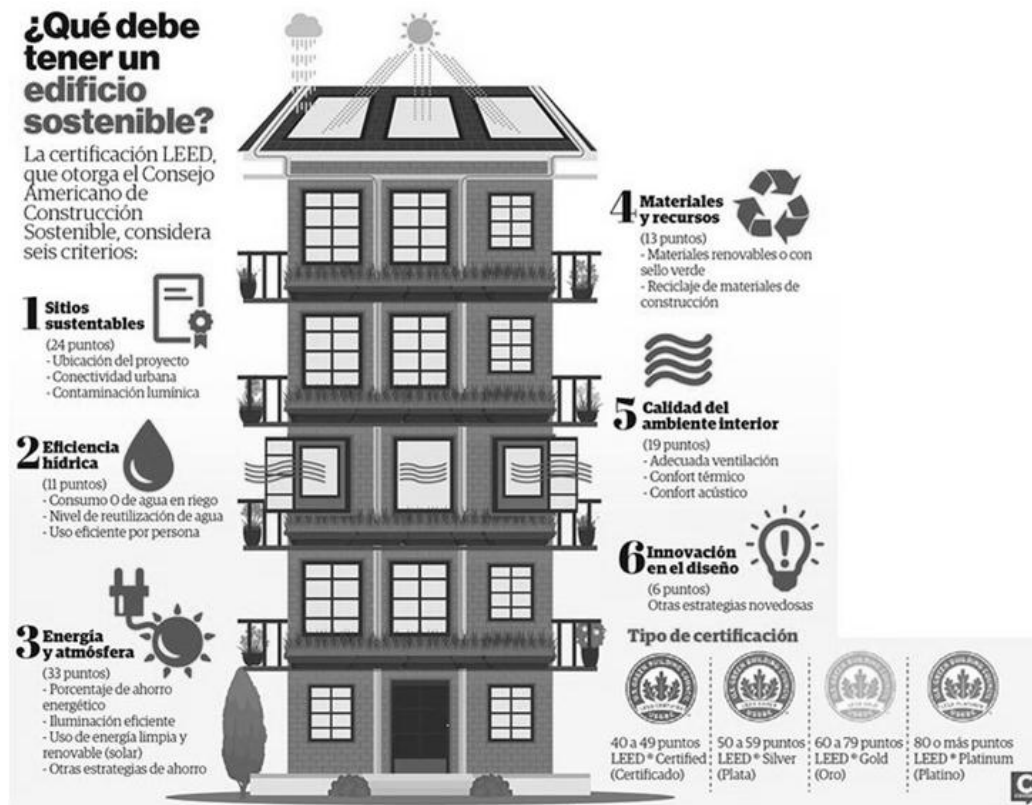
Según Romero (2019), El LEED diferencia 9 áreas con sus propios criterios y el hecho de que se cumpla con un criterio proporciona un punto para el proyecto en esa área. “Las áreas son las siguientes: 1. Proceso Integrador, 2. Localización y transporte, 3. Parcelas sostenibles, 4. Eficiencia en Agua, 5. Energía y Atmósfera, 6. Materiales y Recursos, 7. Calidad Ambiente Interior, 8. Innovación y 9. Prioridad Regional” (párr. 19).

El puntaje máximo es de 110 puntos, donde el área de Energía y Atmosfera tiene el mayor peso, y si se logra cumplir con todos los criterios de solo esa área ya se obtiene el certificado automáticamente, aparte de esto si al sumar los puntos se consiguen entre 40 y 49 puntos se obtiene el Certificado LEED, de 50 a 59 puntos otorgan el Certificado LEED Plata, de 60 a 79 puntos se consigue el

Certificado LEED oro y si el proyecto logra sumar de 80 a 110 puntos se recibe el Certificado LEED Platino (Ver figura 18).

Figura 18

Certificado LEED



Nota: ¿Qué debe tener un edificio sostenible? En la figura se muestran los aspectos evaluados para recibir la certificación

LEED. Tomado de: “Los mejores sellos de calidad y eficiencia energética para viviendas en España” Romero, 2019.

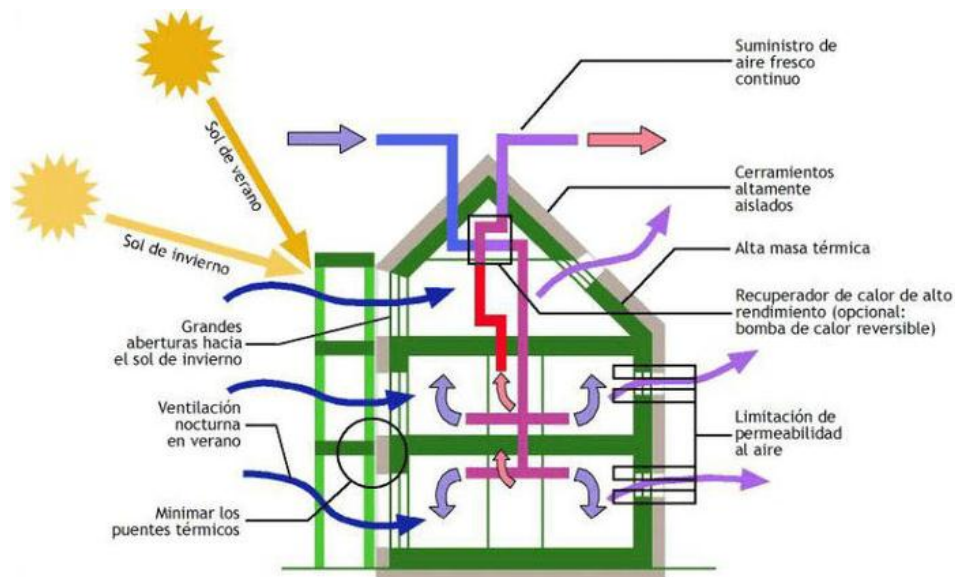
(<https://www.arrevol.com/blog/los-mejores-sellos-de-calidad-y-eficiencia-energetica-para-viviendas-en-espana>)

PASSIVHAUS

Este certificado se caracteriza por estar enfocado única y exclusivamente en el consumo energético de los edificios. Según Romero (2019), el estándar Passivhaus no valora los materiales empleados ni tampoco la calidad de ambiente; es un certificado que fue creado en Alemania en 1991, y establece unos requisitos mínimos a cumplir única y exclusivamente en el consumo energético. Para poder cumplir con los requisitos exigidos, el mismo Passivhaus ha desarrollado métodos y sistemas constructivos que pueden ser usados en los proyectos aunque su uso no es obligatorio pero el hecho de usarlos permite obtener con mayor facilidad el certificado Passivhaus (Ver figura 19).

Figura 19

Métodos y Estrategias de la Passivhaus



Nota: Métodos y sistemas constructivos Passivhaus, en la figura se pueden ver varios de los métodos que la Passivhaus propone para llegar a la eficiencia energética. Tomado de “Los mejores sellos de calidad y eficiencia energética para viviendas

en España” Romero, 2019. (<https://www.arrevol.com/blog/los-mejores-sellos-de-calidad-y-eficiencia-energetica-para-viviendas-en-espana>)

Según Romero (2019):

Para poder obtener el certificado los requisitos mínimos son los siguientes:

Demanda de Calefacción: menor a 15 KWh/m²/año

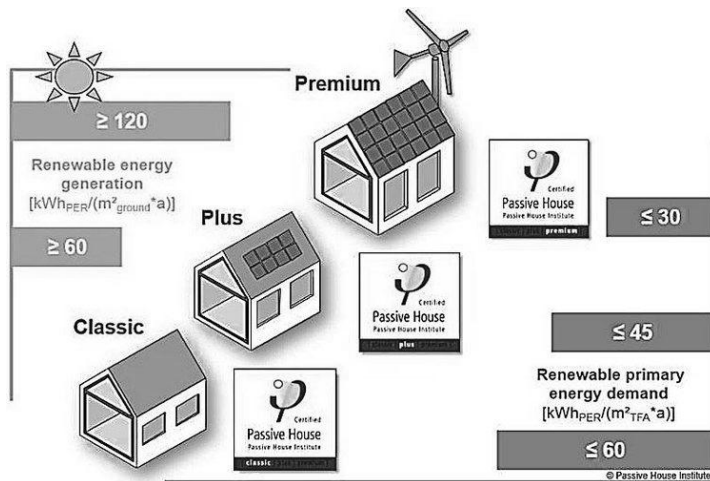
Demanda de refrigeración: Menor a 15 KWh/m²/año

Energía primaria: menor a 120 KWh/m²/año

Hermeticidad al aire: Valor n₅₀ en test Blower Door, es decir menos de 0,6 renovaciones x hora (párr. 27).

Figura 20

Sellos Passivhaus



Nota: Se puede ver en la figura los tipos de Sellos Passivhaus de acuerdo a la eficiencia energética con que cuente la edificación.

Tomado de: “Los mejores sellos de calidad y eficiencia energética para viviendas en España” Romero, 2019.

(<https://www.arrevol.com/blog/los-mejores-sellos-de-calidad-y-eficiencia-energetica-para-viviendas-en-espana>)

Este Certificado tiene la particularidad de que no hay puntos ni niveles, lo único que se pide es que cumpla con los criterios mínimos mencionados; si una edificación consigue cumplir con los 5 criterios obtiene el certificado y esto a su vez garantiza que dicho edificio tendrá un consumo de un 75% menor al de otro tipo estándar (Romero, 2019) (*Ver figura 20*).

Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles

El sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES) dio inicio en su formulación en marzo de 2010, a través de la gestión del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y la participación del Instituto Colombiano de Norma Técnicas [ICONTEC] y el trabajo de empresarios, Universidad y Gremios (Susunaga, 2014).

Según lo que menciona este mismo autor, el sello SAC-ES está pensado para ser otorgado a aquellos proyectos que serán construidos con criterios de sostenibilidad, teniendo en cuenta aspectos como: localización del edificio, uso eficiente de energía y agua, materiales, residuos, calidad de ambiente y confort, etc. Establecerá una normativa técnica para cumplir, y creará un comité técnico interdisciplinar encargado de establecer los requisitos mínimos de calidad, seguridad, salud y protección ambiental.

Sin embargo, según UPB Sostenible (2020), que entrevisto al arquitecto Juan Camilo Isaza, lo que se encuentra vigente en Colombia en este momento para la construcción de edificaciones Sostenibles es el CONPES 3919 (Política Nacional de edificaciones Sostenibles) y la Resolución 549 de 2015 como norma nacional del Ministerio de Vivienda.

Además en el año 2016 se creó además la Norma Técnica Colombiana NTC 6112, bajo el sello ambiental Colombiano SAC: Criterios ambientales para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda.

Calidad de ambiente: confort térmico

Dentro de un espacio ya sea de vivienda, público, religioso, educativo, comercial, etc, es necesario contar con un confort para que los usuarios de dicho espacio puedan estar cómodos y realizar sus actividades sin inconvenientes. Según los que menciona Rehau (s.f.), el confort ideal dependerá de muchos factores, de los cuales la temperatura es uno de los más importantes; sin embargo, los grados a los cuales cada persona puede llegar al confort pueden variar por lo que no hay un consenso exacto en cuál es la temperatura óptima para todas las personas al tiempo que se garantice que no haya gasto energético excesivo.

Según Rehau (s.f.), una temperatura que permite llegar al confort para la mayoría de personas oscila entre los 18 °C y los 21 °C, esto para personas en reposo, y para las personas activas la temperatura debe situarse entre los 16 °C y los 18 °C aunque teniendo en cuenta que dependerá del tipo de actividad que realicen. Las condiciones térmicas ideales son finalmente el resultado entre la temperatura real del lugar y el calor que libera el cuerpo humano en el ambiente. Adicionalmente otro punto importante a tener en cuenta al calcular la temperatura confort, es la cantidad de personas que estarán presentes en el lugar, el tipo de ropa que usarán, la humedad y el tipo de ventilación que tendrá.

Con respecto a la humedad Rehau (s.f.) nos dice que la humedad del aire no se refiere únicamente la humedad que pasa del exterior al interior de la habitación, sino que también alude a aquella humedad que es liberada durante las actividades que se realizan como por ejemplo: cocinar, bañarse, lavar la ropa, hacer deporte, respirar, etc. Ahora bien, para llegar a la temperatura ideal, es necesario que la humedad relativa sea superior al 40% y menor al 60%. También se debe tener en cuenta que una alta humedad al interior de la habitación, vivienda o edificio puede generar

problemáticas como lo son: patologías respiratorias, condensación al interior de la habitación y la formación de moho en paredes y techos.

Para aquellos países que poseen estaciones Rehau (s.f.), explica que la temperatura ideal en invierno debe estar entre 18 °C y los 21°C, mientras que en verano la temperatura debe estar entre los 23 °C y los 26 °C. Además para llegar al equilibrio perfecto del confort térmico y consumo energético es necesario tener presente que por cada grado que se aumente o disminuya la temperatura el consumo de energía aumenta cerca al 7%.

A pesar de todo lo mencionado anteriormente, cabe recordar que el proyecto al estar ubicado en la ciudad de Bogotá, no cuenta con estaciones a lo largo del año según datos del IDEAM (s.f.) la ciudad tiene una temperatura media durante el año de 12 °C a 15 °C, durante los meses más cálidos y los más fríos la temperatura media oscila en tan solo 1°C. Además, la temperatura máxima puede llegar hasta los 25 °C y la temperatura mínima los -6 °C. Y con respecto a la humedad relativa anual, ésta oscila entre el 73% y el 86%.

Dado que Bogotá es una ciudad con un clima de sabana en una Latitud sin presencia de estaciones y que la temperatura media anual está entre los 12 °C y 15 °C, se considerará como la temperatura de confort ideal la que se utiliza en invierno para los países con presencia de estaciones, es decir, que los planteamientos de diseño tendrán en consideración la temperatura de confort entre los 16 °C y los 21 °C.

Aislamiento Térmicos y Acústicos E Impermeabilizantes Ecológicos

Para realizar un adecuado confort térmico y acústico en una edificación es necesario utilizar aislamientos, sin embargo en el mercado existen aislamientos que pueden perjudicar la capa de ozono o incrementar las emisiones de CO₂, según EcoHabitar (2021), los aislamientos ecológicos se convierten

en una opción muy interesante a la hora de realizar el aislamientos térmico y/o acústico de un edificio o vivienda puesto que reducen el consumo de energía al reducir la necesidad de utilizar sistemas como el aire acondicionado o la calefacción al tiempo que se consigue un mejor uso de materiales que son amigables con el medio ambiente.

Para tener un mejor desempeño que sea benéfico para el medio ambiente, EcoHabitat (2021), recomienda el uso de las opciones naturales pues según ellos puede proporcionar una mayor comodidad y afectar menos el medio ambiente que sus contrapartes no naturales, según lo que explican su uso en las edificaciones evitan las emisiones contaminantes durante el uso que se les dé, e incluso después de la vida útil del edificio. También recomiendan el uso de aquellos aislamientos que son tanto renovables como reciclados ya que su uso tiene un mayor impacto ambiental a largo plazo.

Dentro de los aislamientos e impermeabilizantes ecológicos se pueden encontrar los siguientes:

Lamina impermeable transpirable, Fibra de celulosa de papel reciclado, Panel aislante de fibras de madera, Manta de cáñamo termofijado, Cañamiza, lino termofijado, Manta de lana de oveja, Filtro de lana de oveja, corcho en planchas, corcho triturado, Paneles de Coco, Manta de plumas de ave, Manta de algodón, Vidrio celular, Perlita, Arcilla expandida, Vermiculita, Balas de paja, y Paja con cal (EcoHabitat, 2021, párr. 2).

Cada uno de estos tiene unas propiedades y usos que los hacen excelentes aislantes o impermeabilizantes según el uso que se les llegue a dar, en la tabla siguiente se puede ver mejor los beneficios y ventajas que pueden aportar si se llegan a utilizar en vez de sus contrapartes no naturales y artificiales (*Ver tabla 5*).

Tabla 5

Aislantes Térmicos, Acústicos E Impermeables Ecológicos

Tipo	Aislante Térmico	Aislante Acústico	Impermeable	Renovable	Reciclable	Marcado CE	FSC	Kg CO2/m2
Lamina Impermeable Transpirable			si			si		6.5
Fibra de Celulosa de Papel Reciclado	si	si		si	si	si		-4.9
Panel Aislante de Fibras de Madera	si	si		si	si	si	si	-2.4
Manta de Cáñamo Termofijado	si			si	si	si		12
Cañamiza	si	si		si	si	si		1.5
Lino Termofijado	si	si		si	si	si		
Manta de Lana de Oveja	si	si		si	si	si		0.49
Fieltro de Lana de Oveja		si		si	si	si		0.49
Corcho en planchas	si			si	si	si		-10
Corcho Triturado	si			si	si		si	-10
Paneles de Coco	si			si	si			
Manta de plumas de Ave	si				si	si		
Manta de Algodón	si			si	si	si		
Vidrio Celular	si				si	si		1.7
Perlita	si				si	si		2.9
Arcilla Expandida	si				si	si		5.8
Vermiculita	si				si	si		
Balas de Paja	si			si	si			-1.8
Paja con Cal	si		si		si			-1.8

Nota: La tabla presenta los aislantes térmicos, acústicos e impermeabilizantes que son ecológicos, teniendo en cuenta además si son renovables, reciclables, Marcado CE y FSC. Adaptado de: “Aislamientos e impermeabilización ecológicos” EcoHabitat, 2021. (<https://ecohabitat.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-ecologicos/>)

Adicionalmente, este tipo de aislantes e impermeabilizantes cuentan con una propiedades térmicas, de resistencia al fuego, de densidad, de espesor y otros que hacen que unos sean mejores que otros según la función que vayan a cumplir. Por tanto en la siguiente tabla (*Ver tabla 6*) se puede ver esto en más detalle.

Tabla 6

Especificaciones Técnicas

Tipo	Composición	longitud x anchura (cm)	Espesor mm	Densidad Kg/m ³	Conductividad Térmica (W/m°C)	Permeabilidad al vapor de agua	Capacidad higroscópica	Comportamiento al Fuego
Lamina Impermeable Transpirable	polipropileno	150x50				0,02m		E
Fibra de Celulosa de Papel Reciclado	90% papel reciclado, 10% ácido bórico		25 hasta 400		0,039	1 a 2		B S2
Panel Aislante de Fibras de Madera	92% fibras de madera, 4% agua, 4% emulsión de parafina	120x60	40,6	170 +- 20	0,040 en 40; 0,043 en 60	hasta 10% de humedad		E
Manta de Cañamo Termofijado	85% fibra de cañamo, 15% fibra termofusible	135x60	60, 80	25	0,046	1 a 2	hasta 15% de su peso	
Cañamiza	Árido de Cañamiza			100	0,048			
Lino Termofijado	85% Fibras de Lino, 15 % fibra Termofusible	135x60	45 a 100	30 en 45 mm, 25 en 100 mm	0,047	1 a 2	hasta 15% de su peso	
Manta de Lana de Oveja	85% lana, 15% Fibra Termofusible	10x45, 10x60	6 a 10	13.5	0,040	1 a 2	Hasta 33% de su peso	560°C
Filtro de Lana de Oveja	100% Lana	15x1	6		0,045	1 a 2	Hasta 33% de su peso	560°C
Corcho en planchas	100% corcho	100x50	20,30,40,50	110	0,040	0	no higroscópico	M-2 a M-0
Corcho Triturado	100% corcho				0,035 - 0,045	0	no higroscópico	M-2 a M-1
Paneles de Coco		1250x625	10 hasta 28	100 - 140	0,043 - 0,045	1		B2
Manta de plumas de Ave	70% plumas, 10% Lana de Oveja, 20% Fibra							
Manta de Algodón	75% Algodón, 25% otras fibras							
Vidrio Celular	Vidrio reciclado	600x450	40 hasta 180.	130	0,045		0	A1
Perlita Expandida	Perlita Expandida			192 a 244				1260°C
Arcilla Expandida	Arcilla Expandida	granulos de 8 a 20 mm		380	0,094	2		A1
Vermiculita				80 a 150	0,046			A1 - 1315°C
Balas de Paja	Paja			120	0,0337 a 0,086	0,73		

Nota: La tabla muestra los datos específicos de los aislantes térmicos, acústicos e impermeabilizantes ecológicos para tener en cuenta al momento de seleccionar el material que cumpla con las necesidades de la edificación. Tomado de: “Aislamientos e impermeabilización ecológicos” EcoHabitat, 2021. (<https://ecohabitat.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-ecologicos/>)

Las tablas 5 y 6 muestran que los materiales ecológicos que cumplen con la mayor cantidad de requerimientos necesarios en una construcción como los viene a ser el caso de aulas escolares son: la fibra de celulosa de papel reciclado, el panel aislante de fibras de madera, la cañamiza, el lino termofijado, la manta de lana De Oveja (*Ver tabla 5*). Sin embargo de estas la conductividad térmica del panel de fibras de madera de $0,43 \text{ W/m}^2\text{C}$ (*Ver tabla 6*), como su facilidad de instalación al interior de los contenedores lo hacen como el aislamiento térmico acústico ideal para el proyecto que se está realizando.

Para corroborar cual es el aislamiento térmico acústico ecológico que mayor beneficio podría dar a las aulas con contenedores se procedió a realizar una serie de simulaciones del comportamiento térmico de los aislamientos junto con la lámina de acero de los contenedores, la lámina de yeso y el estuco plástico, a través del software online Ubakus, que permite realizar este tipo de simulaciones. A continuación se pueden ver los datos obtenidos resumidos en una sola tabla consolidada. Cabe destacar que para realizar las simulaciones se tomó una lámina de acero inoxidable de 10 mm, un aislante de 35 mm de espesor (para todos los casos evaluados), una lámina de yeso de 1mm de espesor y finalmente una capa de estuco plástico de 1 mm, todo esto con el fin de mantener valor iguales para unificar los resultados y poder medir así su eficiencia como materiales de aislamiento (*Ver tabla 7*).

Tabla 7

Análisis simulación materiales de aislamiento ecológico

Materiales	[W/mK]	R	Temp. [°C]	valor sd	Peso	Capacidad
------------	--------	---	------------	----------	------	-----------

Analizados		[m2K/W]	min máx		[m]	[kg / m2]	Calorífica [J / (kg * K)]		
Lamina de Acero Inoxidable	15,000	0,001	16,4	16,4	10.000,00	79,0	470		
Lamina de Yeso	0,250	0,050	5,8	6,5	0,05	8,5	960		
Estuco Plástico	0,700	0,014	5,6	5,8	2,00	12,0	1000		
Fibra de madera	0,040	0,875	6,3	16,9	0,04	1,2	2100		
Fibra de celulosa	0,040	0,875	6,3	16,9	0,04	1,8	2544		
Lana aislante de cáñamo	0,048	0,729	6,4	16,5	0,04	1,8	2200		
Corcho	0,050	0,700	6,5	16,4	0,04	3,9	2100		
Espuma in Situ para pared hueca	0,027	1,296	5,9	17,7	3,5	1,9	1450		
Componente Completo [Acero, Yeso, Estuco, Aislante]									
Aislamientos Analizados	Valor U [W / m2K]	R [m2K/W]	Temp. [°C] superficie Int. Ext.		valor sd [m]	Peso [kg / m2]	Perdida de Calor [KwH / m2]	Energía Primaria (no renovable) [KwH / m2]	Potencia de Calentamiento Global [Kg CO2 / m2]
Fibra de madera	0,901	1,110	17	5,5	10.002,08	100,7	70	> 68	9,6
Fibra de celulosa	0,901	1,110	17	5,5	10.002,08	101,3	70	> 65	8,1
Lana aislante de cáñamo	1,037	0,964	16,5	5,6	10.002,08	101,3	81	> 83	12
Corcho	1.070	0,935	16,4	5,6	10.002,08	103,4	83	> 72	6,8
Espuma in Situ para pared hueca	0,653	1531	17,7	5,4	10.005,55	101,4	51	> 106	18

Nota: Análisis simulación de aislantes térmicos ecológicos en conjunto con lamina de acero de 10mm, lamina de yeso de 1mm y estuco plástico de 1mm. Adaptado de: "Ubakus.de" Plag, 2021. (<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>)

Al realizar las simulaciones para cada una de los aislamientos se fue cambiando solo los datos del tipo de aislante y la información obtenida se fue recopilando en la tabla 7; como se puede apreciar, en la primera parte de la tabla se encuentran los datos específicos de cada uno de los materiales

analizados, en la segunda parte se recolectó la información en conjunto del componente compuesto por: el acero, el yeso y el aislante y se juntó toda la información; se tomó la espuma in situ como material comparativo, a pesar de no ser ecológico, con el fin de comparar los resultados de los materiales ecológicos, en este caso la espuma dio un valor U de 0,653, una temperatura interna de 17.7 °C y 5,4 °C en el exterior y la pérdida de calor fue tan solo de 51 kWh / m² (Ver tabla 7); ya con estos valores se procedió a determinar cuáles aislantes ecológicos tenían el mejor comportamiento y podían ser utilizados para los contenedores.

Se encontró que la fibra de madera y la fibra de celulosa tenían los mejores resultados tanto en valor U y en temperatura interna y externa, estos fueron: valor U igual a 0,901, temperatura interna igual a 17° C y temperatura externa igual a 5.5° C, el peso de la fibra de madera es menor 100,7 kg / m² mientras que el de la celulosa fue de 101,3 kg / m², en cuanto a reducción de emisiones de CO₂ la celulosa tenía un mejor desempeño con respecto a la fibra de madera, sin embargo los datos no eran muy significativos por lo que se puede afirmar que el uso entre cualquiera de las dos es irrelevante, sin embargo para el aislamiento de los contenedores de este proyecto se optó por el uso de la fibra de madera ya que es un material ecológico renovable, con tratamiento puede tener cierta resistencia al fuego y por qué cuentan con certificación FSC (Forest Stewardship Council) lo que garantiza su sustentabilidad.

En cuanto al sello ambiental que se decidió tomar como guía para el desarrollo sostenible del colegio y especialmente de las aulas escolares son dos: primero que todo el Certificado LEED enfocado principalmente en el área de Energía y Atmosfera, así como también en las áreas de Innovación, Eficiencia de Agua y Calidad de Ambiente Interior.

Respecto a estos aspectos, se considera que son clave para un proyecto de colegio utilizando contenedores marítimos, ya que permiten alcanzar una eficiencia óptima que brinde a los estudiantes y docentes condiciones excelente de trabajo. Adicionalmente se buscará cumplir con los requerimientos técnicos y de sostenibilidad solicitados por la norma colombiana especialmente la NTC 6112: Criterios ambientales para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda. Para esto se recurrirá a estrategias de uso de bioclimática, energía LED, reutilización de aguas lluvias, cubiertas verdes, y aislamientos ecológicos lo suficientemente efectivos para generar espacios que cumplan con los requerimientos estipulados tanto en el sello LEED como en la NTC 6112.

Para la eficiencia energética, en el proyecto, se ha optado por el uso de ventilación natural, uso de lucernarios en las áreas de laboratorios para una mejor iluminación natural, uso de ventanas y piel para el manejo de la intensidad de radiación solar a los largo de la jornada, uso de vegetación para reducir la temperatura en zonas la radiación solar es muy intensa, especialmente en los contendores lo cuales tendrán cubierta verde para mejorar el confort interno térmico y a su vez funcionara para recolectar agua lluvia para su posterior reutilización. El uso de bombillos LED también se implementará en todo el proyecto, para poder reducir el consumo energético al interior de aulas, salones, pasillos y demás áreas del colegio. También se propone el uso de energía renovable a través de paneles solares para producir energía solar fotovoltaica y abastecer todo el colegio de energía limpia, los cuales se instalarán en el área de primaria, secundaria, auditorio y comedor.

Para el uso eficiente de los recursos hídricos se propone la reutilización de aguas lluvias, para esto se contará con sistemas de recolección los cuales serán instalados en los techos verdes que hay dentro del proyecto, especialmente en las zonas con contenedores, aunque también en algunas zonas de cubierta del área de primaria, secundaria, comedor y aulas especiales. Los inodoros que se utilizarán

serán de tipo ahorradores y los lavamanos contarán con sistemas de sensores para reducir el gasto de agua.

Adicionalmente, para el auditorio se utilizarán tejas ecológicas de plástico reciclado que permiten reutilizar el plástico que es uno de los materiales que más daño genera en el medio ambiente por su baja degradación, además en su producción se generan 2.7 Kg de CO₂ por Kg de material teniendo un fuerte impacto en la huella ecológica (*Ver figura 16*); por este motivo el reciclaje del plástico en tejas es muy eficiente, en cuanto permite dar un mejor uso a este material en su final de ciclo de vida.

Paneles Solares Fotovoltaicos

Para colocar un sistema de ahorro energético, utilizando paneles solares fotovoltaicos, se necesita conocer una serie de datos que luego de realizar cálculos con ellos, finalmente arrojan la cantidad necesaria de paneles solares para instalar en la edificación o vivienda, según Alonso (s.f.) cuando se vaya a instalar paneles solares es necesario colocar aquellos que otorgan garantía por 25 años de producto y de funcionamiento. Además para conocer cuántos paneles se necesitan, el autor explica que se deben tener en cuenta los siguientes criterios: el consumo energético de la edificación, la superficie disponible con que se cuenta para instalar los paneles solares, y por último la orientación de la cubierta.

Con respecto a los paneles, el mismo autor menciona que es necesario conocer la potencia total de los mismos, la cual es el resultado de multiplicar la potencia de cada panel por la cantidad que se tenga. También es necesario tener en cuenta la inclinación con la que se van a instalar, que dependerá

de la localización geográfica y la latitud; y recomienda utilizar los paneles solares monocristalinos por contar con mejor rendimiento y aspecto estético.

Este autor continúa su explicación refiriéndose a la necesidad de conocer el consumo energético de la vivienda o edificio en KWh/día, pero con la particularidad de que es necesario dividirlo en horas sol y horas sin sol, pues la producción de energía solo se realizará durante horas sol. Adicionalmente se necesita conocer las horas sol pico en la zona geográfica por media anual. El autor explica que con los siguientes datos se puede realizar el cálculo de la cantidad de paneles necesarios: Consumo de energía en la edificación en horas sol (CEHS) en KWh/año y Horas Sol Pico en la zona geográfica (HSP).

La fórmula para su cálculo es la siguiente:

Potencia total Placas solares: Consumo Edificio/ HSP = watt.

Al conocer la potencia total se requiere en el sistema y se pasa a la siguiente fórmula para conocer la cantidad de paneles solares necesarios, aunque es necesario conocer la potencia individual de cada placa, que generalmente es de 320W.

La fórmula para su cálculo es la siguiente:

Potencia total placas solares/ Potencia individual de cada placa= N° de placas solares.

Con respecto al espacio necesario el autor explica que lo más recomendables en vivienda es utilizar las placas solares negras de tamaño medio las cuales tienen una medidas de 1.7 m x 1.0 m, ya que son las de mejor aspecto, son fáciles de instalar y se adaptan a cualquier tipo de cubierta.

En el proyecto del colegio se va a instalar paneles solares negros de tamaño medio con medidas de 1.7 m x 1.0 m, con una potencia Individual de 320W. Para realizar el cálculo energético se recurrió a conocer cuántos kilovatios consume un colegio en Colombia. Según Alberto Merlano (2015), gerente de la Empresa de Acueducto de Bogotá [EAB], el consumo energético del colegio Ramón Jimeno, el primer

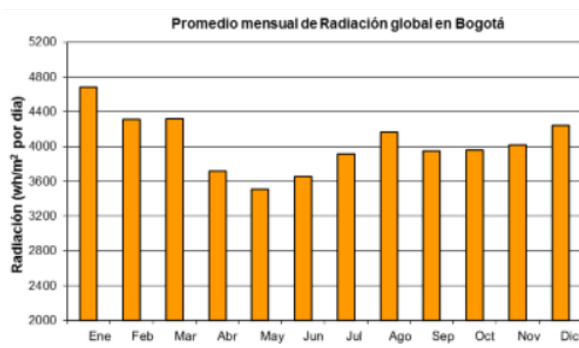
plantel distrital en Bogotá D. C. en adquirir el sello verde, consumía 6.906 kilovatios mensuales, antes de pasar a ser ecológico (como se cita en Redacción El Tiempo, 2015, párr. 8).

Este plantel educativo cuenta con 420 estudiantes, 22 aulas, computadores, aulas especializadas, cocinas, y uso de aparatos electrónicos con los que normalmente opera una institución educativa. Utilizando dicha información se puede estimar que un colegio para 1000 estudiantes, puede llegar a consumir mensualmente 16.442,86 Kilovatios mensuales.

Adicionalmente según los datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2021) la radiación anual en KWh/m² es de 4.0 a 4,5 KWh/m² (Ver figuras 21 y 22). Y para poder conocer las HSP se debe realizar la siguiente fórmula: $HSP = \text{Irradiación Global (KWh/M}^2) / 1000 \text{ Wh/m}^2$. Entonces para la ciudad de Bogotá las HSP= 4.0 KWh / m² / 1000 Wh / m² son iguales a 4.0 HSP.

Figura 21

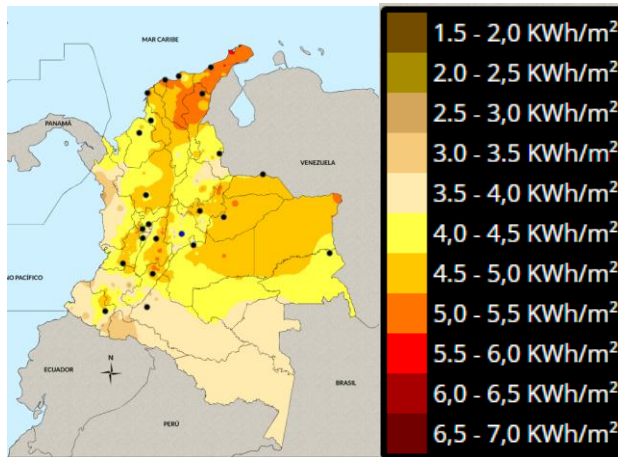
Promedio Mensual Radiación Global Bogotá



Nota: Grafico de barras de la radiación solar promedio mensual global en Bogotá D. C. dada en wh/m², Tomado de “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2021. (<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>).

Figura 22

Plano medidas globales radiación solar Colombia



Nota: Plano de Colombia donde se puede apreciar las radiaciones solares globales en el año, medidas en KWh/m². Tomado de “Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia” por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2021. (<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>).

Continuando con las fórmulas para calcular la cantidad de placas solares necesarias:

Potencia total placas solares: Consumo Edificio/ HSP = watt

Potencia total placas solares: (16.442,86 KW x 12) / 4.0 HSP = 49.328,58 Watt

Y el número de placas solares sería entonces:

Potencia total Placas solares/ Potencia individual de cada placa= N° de placas solares.

(49.328,58 watt /320 watt) = 154.1518 aproximado a 155 placas solares.

Marco Normativo

Normativa Construcción Utilizando Contenedores Marítimos

Normativa Internacional

Para realizar construcciones en el extranjero, y específicamente en la Unión Europea, la Norma que rige para las construcciones con acero es la Eurocódigo 3. Proyectos de estructura de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios. Esta misma norma la que se utiliza para poder evaluar la capacidad de sismo resistencia de los contenedores marítimos para su eventual uso en la construcción.

Adicionalmente otro punto importante que se tiene en cuenta en el extranjero para revisar la viabilidad de utilizar contenedores marítimos para la construcción son las normas ISO que se refieren a las limitaciones estructurales de los contenedores, las cuales son discutidas en la ISO 1496-1 (ISO1496-1,1990). Esta ISO describe los exámenes que debe pasar todos los contenedores marítimos ISO para poder ser operativos, estos exámenes son la mejor fuente de información de las características de resistencia estructural de los contenedores.

Normativa Nacional

Para realizar una construcción en Colombia es necesario regirse por una legislación específica; En este caso es necesario remitirse a la ley 400 de 1997 y al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Al consultar el reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10 (2010), en su título A se puede encontrar en el artículo A.1.4.2. Los requerimientos por ley para el uso de sistemas prefabricados. A continuación lo se puede ver con más detalle:

A.1.4.2 – Sistemas Prefabricados: de acuerdo con lo establecido en el Artículo 12 de la ley 400 de 1997, se permite el uso de sistemas de resistencia sísmica que estén compuestos, parcial o totalmente, por elementos prefabricados, que no estén cubiertos por este Reglamento, siempre y cuando cumpla uno de los dos procedimientos siguientes:

Se utilicen los criterios de diseño sísmico presentados A.3.1.7, o Se obtengan una autorización previa de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo resistentes, de acuerdo con los requisitos y responsabilidades establecidas en el Artículo 14 de la ley 400 de 1997.

El reglamento nos remite a la ley 400 de 1997 donde en el capítulo II Otros Materiales y Métodos de Diseño y Construcción, donde se estructura desde el artículo 8 hasta el artículo 14 todo lo referente al uso de sistemas de construcción Prefabricados; donde el artículo 14 cobra mayor relevancia para el uso de contenedores como sistema constructivo; el artículo 14 del capítulo II de la ley 400 de 1997 dice lo siguiente:

ARTICULO 14. CONCEPTOS DE LA “COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES”. Con base en la evidencia presentada sobre la idoneidad del sistema de resistencia sísmica y del alcance propuesto para su utilización, la “comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo resistentes”, emitirá un concepto sobre el uso de materiales, métodos y sistemas comprendidos en esta ley y sus reglamentos.

En esto se puede ver que es la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcción Sismo Resistente, la que determina si se puede o no utilizar un nuevo material o sistema para la construcción en el país. Esta misma Comisión fue consultada al respecto en varias ocasiones para

determinar si era posible o no el uso de contenedores para lo cual ha determinado la imposibilidad del uso de dichos contenedores, en el acta N° 118 del 08 de noviembre de 2013 la Comisión Asesora Permanente [CAP] (2013), definió que: no hay una norma técnica NTC que homologue los ISO contenedores para fines de vivienda. Y declara además que mientras no se realice el proceso con el ICONTEC, no es posible utilizar los ISO Contenedores para fines de viviendas en el territorio nacional según lo descrito en la consulta (párr. 21).

Como se puede observar en Colombia no es posible construir viviendas utilizando contenedores marítimos puesto que existe un vacío legal que permita su uso. Debido a esto se puede inferir que los contenedores marítimos pueden ser utilizados como elementos no estructurales, convirtiéndolos así en materiales para la construcción.

Normativa Nacional Construcción de Colegios

Para la construcción de Colegios en Colombia se debe seguir los lineamientos propuestos por el Ministerio de Educación. Según el Ministerio de Educación (2015) cuenta con el Plan Nacional de Infraestructura [PNIE] 2015 -2018, en el cual tienen por objetivo reducir el déficit de calidad a través de nuevas instalaciones con las cuales puedan establecen la jornada única, en dicho plan, presentan soluciones eficientes teniendo en cuenta las dinámicas pedagógicas y las tecnologías actuales para que con todo ello se contribuya y garantice el desarrollo pedagógico y de aprendizaje.

Como se puede ver el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) 2015 -2018, tiene en cuenta las medidas del gobierno Nacional en todo lo referente a la educación del país; adicionalmente la normativa que rige la construcción de instituciones educativas es la siguiente: Ley 115 de 1994, Norma Sismo resistente NSR-10, Norma técnica colombiana NTC-4595.

Adicionalmente en base al Proyecto Educativo Institucional (PEI), el Ministerio de Educación estableció unos lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico de colegios de jornada única Colegio 10. Según lo mencionado por el Ministerio de Educación (2015), con la intención de poner en marcha la jornada única en el territorio colombiano, se tienen propuesto realizar ampliaciones y construcción de nuevas instituciones educativas que sean adecuadas en todos los aspectos necesarios para una buena educación. Además se plantea que cumpla con los requerimientos pedagógicos del PEI, el cual es fomentado en cada región en sus respectivos planteles educativos. Generaron así los criterios para desarrollar proyectos arquitectónicos que cumplan con las necesidades encontradas y propuestas por un estudio especializado que determine los aspectos básicos necesarios vistos desde lo arquitectónico para instituciones educativas de jornada única y poder dar las pautas básicas para su eventual implantación en los lotes considerados para dicho uso.

En dicho plan se consignan los objetivos mínimos a seguir para el diseño de colegios en Colombia, los cuales son: 1) definición del modelo pedagógico de los colegios de jornada única, 2) Determinar áreas y espacios que deben tener las instituciones. 3) utilizando gráficos técnicos, distribuir los espacios con que debe contar un colegio como mínimo y como se puede implantar dichos proyectos. 4) Dar unos lineamientos de diseño y de construcción de acuerdo al clima. Y 5) Orientar técnicamente como se debe diseñar y construir en las instituciones que existen actualmente así como también para aquellas que son nuevas (Ministerio de Educación, 2015).

Tabla 8

Nuevas tendencias en la pedagogía

Pasar de	Proponer
Guías de estudio claras y exactas.	Círculos flexibles y en movimiento.

Procesos de enseñanza-aprendizaje en la memorización de datos y hechos. Aulas con alumnos callados y obedientes sentados en filas de pupitres individuales.	Actividades de comprensión y el desarrollo del pensamiento visible. Aulas en donde se permite que los alumnos se muevan trabajando en distintas actividades, sentados en círculos para propiciar el dialogo.
Didáctica tradicional centrada en el aislamiento de la escuela de los problemas sociales. Muy poca creatividad en los métodos pedagógicos. El libro de texto como fuente casi exclusiva de conocimiento.	Didáctica social compenetrada con la realidad social de los estudiantes. Métodos pedagógicos creativos ajustables al cambio de paradigma. El libro, las herramientas tecnológicas, los materiales didácticos al servicio de la construcción del conocimiento.
Oferta educativa homogénea.	Oferta educativa para todos. Una educación incluyente.
Rol protagonista del maestro. Contenido de enseñanza reducido a conocimiento.	Maestro como guía que propicia saberes. Contenido de la enseñanza ampliado a procesos, comprensiones, habilidades, competencias.
Comunicación ineficiente Eliminación de la capacidad critico-reflexiva.	Comunicación productiva. Alumnos que observan, analizan, indagan y reflexionan críticamente.

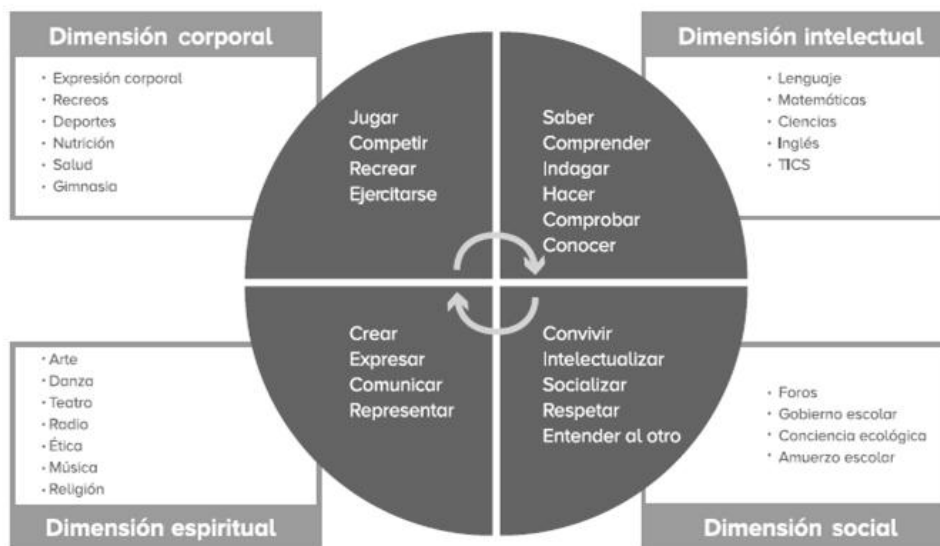
Nota: La Tabla muestra las tendencias en la nueva Pedagogía, presentando los antiguos paradigmas de enseñanza y los modernos que desean implementar. Adatado de: “Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única” Ministerio de Educación Nacional, 2015. (https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_colegio_10.pdf)

En la tabla 8 se puede ver cuáles son los nuevos modelos pedagógicos o las tendencias pedagógicas que busca desarrollar el Ministerio de Educación, pasando de un enfoque tradicional de la enseñanza a un modelo moderno donde el estudiante es quien busca el conocimiento al tiempo que desarrolla y fortalece habilidades, la creatividad, el dialogo reflexivo, etc.

Figura 23

Planteamiento modelo de formación Integral Colegio 10

Diagrama

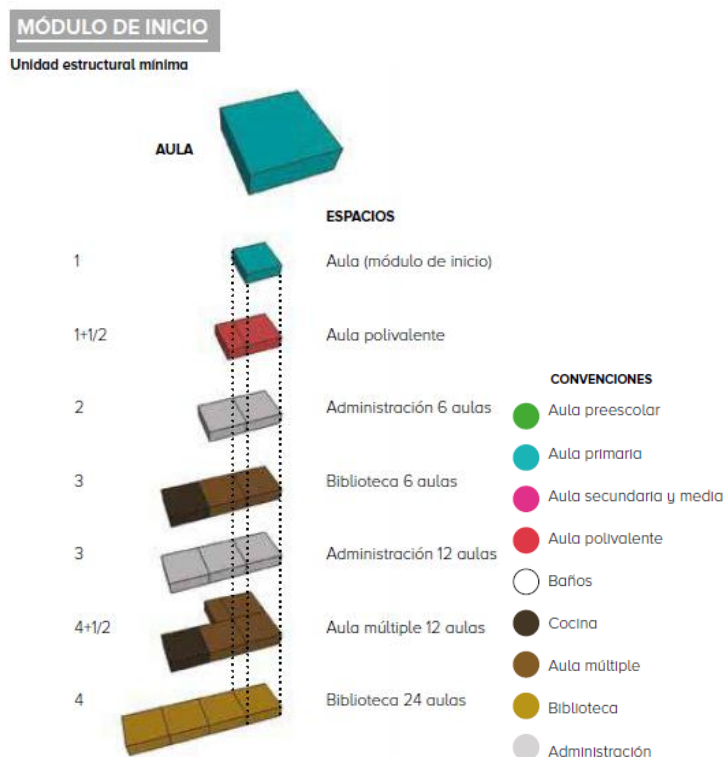


Nota: La figura presenta los planteamiento del modelo de formación integral colegio 10 junto con las cuatro dimensiones en la pedagogía moderna. Tomado de: “Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única” Ministerio de Educación Nacional, 2015. (https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_colegio_10.pdf)

El Ministerio de Educación busca con la Jornada Única desarrollar un modelo pedagógico de formación Integral tal como (*Ver figura 23*), en el cual se retoman cuatro dimensiones importantes en la educación: la dimensión corporal, intelectual, espiritual y por último la social.

Figura 24

Módulos aulas para diseño de colegios

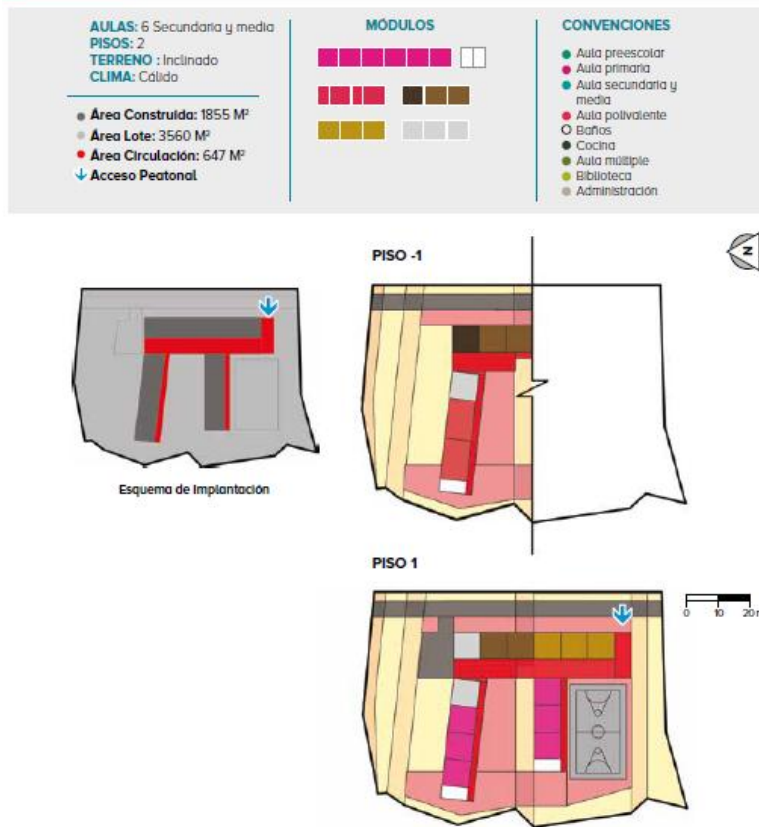


Nota: Módulos de aulas para el diseño de colegios de acuerdo a unidades de estructura mínima. Tomado de: “Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única” Ministerio de Educación Nacional, 2015. (https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_colegio_10.pdf)

En los lineamientos del Ministerio de Educación en la guía de Colegio 10 presenta una serie de esquemas para el diseño arquitectónico de colegios para diferentes climas y terrenos, basado en los metros de un aula normal para así determinar el área del resto de zonas del colegio (*Ver figura 24*).

Figura 25

Diseño de Colegio ejemplo 1 para clima cálido y terreno Inclinado

EJEMPLO 1

Nota: En la figura se muestra los módulos de colegio en clima cálido y terreno inclinado como ejemplo del modelo para nuevos proyectos de instituciones educativas. Tomado de: “Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única” Ministerio de Educación Nacional, 2015. (https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_colegio_10.pdf)

En los lineamientos del colegio 10 se puede ver diferentes esquemas para climas cálidos, templados y fríos. Así como también para diferentes tipos de terrenos (Ver figura 25), en la cual se desarrolla una implantación de un colegio de seis aulas para clima cálido, en terreno inclinado. En todo caso lo que busca finalmente el Ministerio de Educación es producir un desarrollo arquitectónico que pueda responder a diferentes necesidades climáticas, espaciales y geográficas donde se requiera o

necesite la construcción de un institución educativa respondiendo a su vez a los nuevos modelos de pedagogía.

Normativa Nacional Construcción Sostenible

Para la construcción de edificaciones Sostenibles en Colombia es necesario cumplir con el CONPES 3919 y con la Resolución 549 de 2015 como norma Nacional del Ministerio de vivienda. Adicionalmente existe la NTC 6112 de 2016 la cual trata sobre el sello ambiental Colombiano [SAC] para diseñar y construir edificaciones sostenibles que no estén destinadas para vivienda.

El CONPES 3919 se refiere a la Política Nacional de edificaciones Sostenibles. En este documento se busca tomar principios y criterios de sostenibilidad para promoverlos en el diseño y construcción de edificios, tanto nuevas como usadas, articulando políticas que incluyan los criterios necesarios para desarrollar construcciones sostenibles utilizando instrumentos que ayuden a implementarse la política pública, seguimiento de resultados y financiación a través de incentivos (CONPES 3919, 2018).

Tanto la Resolución 549 de 2015 y la NTC 6112 de 2016 se enfocan principalmente en reglamentar el ahorro del agua y de la energía tanto en edificios nuevos como los de uso diferente a vivienda; pero son de aplicación voluntaria en viviendas de tipo Sociales (CONPES 3919, 2018).

Marco Proyectual

Análisis del Lugar

Figura 26

Planos Colombia, Bogotá y Suba



Nota: Se puede observar los mapas de Colombia, Bogotá y Suba, que es el lugar donde se implantará el proyecto del colegio.

Adaptado de: "File:Mapa de Colombia (departamentos).svg" Wikipedia, 2021.

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_\(departamentos\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_(departamentos).svg)), "Mapa de Riesgo de Bogotá" Misión de Observación Electoral [MOE], 2018. (<https://www.moe.org.co/factores-indicativos-de-fraude/bta/>)

El Lugar de Intervención es en Bogotá D.C. en la localidad de Suba, puntualmente en la UPZ San José de Bavaria en la zona 1, lugar donde se cuenta con el plan parcial N° 2 El Carmen (Ver figura 26 y 27), en él se ubica el Lote E. P. 1 destinado para equipamiento público; el área del lote es de 25.487,63 M2. A futuro el lote estará rodeado por el oriente por la Av. Las Villas, por el occidente por la vía local N° 1 de 29 m, por el sur por una Alameda con ciclo ruta y por el norte con el E. P. 2 (Ver figura 28 y 29).

Figura 27

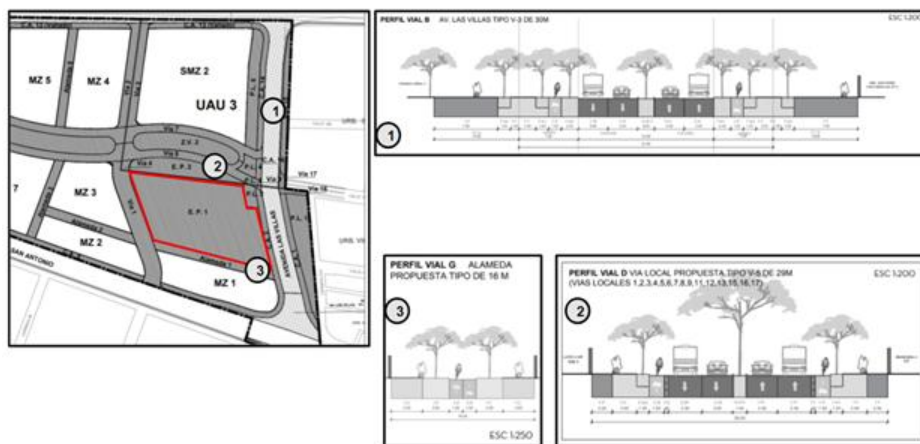
Plano Plan Parcial 2 El Carmen Vista Satelital

Nota: Propuesta Plan Parcial N° 2 junto con las áreas y lotes destinados para los diferentes usos. Adaptado de: “El Carmen N°2 – Lagos de Torca”, Secretaria Distrital de Planeación (SDP), 2021. (<http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/planes-parciales-de-desarrollo/planes/carmen-no-2-lagos-de-torca>)

Dentro del plan parcial se encuentra el Equipamiento Público Privado E. P. 1 marcado en rojo en la figura 26, este plan parcial cuenta además con varias zonas destinadas a proyectos de Vivienda de Interés prioritario, Viviendas de Interés social, y Viviendas No Vis. Sin embargo el E.P.1 queda en la zona oriental del plan y continuo a la vía principal Las Villas.

Figura 29

Vías Lote Equipamiento Público 1

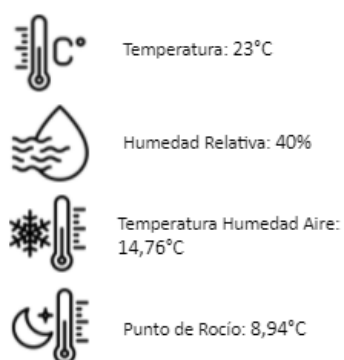


Nota: Perfil Vial que rodea el lote del Equipamiento Público 1 sitio de implantación del colegio. Adaptado de: “El Carmen N°2 – Lagos de Torca”, Secretaria Distrital de Planeación (SDP), 2021. (<http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/planes-parciales-de-desarrollo/planes/carmen-no-2-lagos-de-torca>)

Como se ve en figura 27 el lote se encuentra rodeado por varias vías y alamedas, el lote tiene además como vecino al E.P.2 en su zona norte y un área destinada para vivienda de interés social. Sin embargo tienen facilidad de acceso gracias a la vía Las villas, y la vía 1 por el contado occidental.

Figura 30

Datos Clima Bogotá D. C.



Nota: Infografía de los datos climatológicos de la ciudad de Bogotá D. C. a tener en cuenta al momento de diseñar el colegio.

Elaboración Propia. Iconos climatológicos. Tomado de: "Iconos Vectoriales y stickers" Flaticon, 2021. (<https://www.flaticon.es/>)

En cuanto al aspecto Climático, Bogotá, según la clasificación climática de Köppen tiene clima templado Cfb, se considera que tiene un clima de montaña, además, debido a su latitud no presenta grandes cambios térmicos a lo largo del año, Según el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la temperatura promedio es de 13,1°C (como se cita en Ramírez, 2021) y la precipitación anual es de 796 mm.

Como lo menciona Ramírez (2021), Bogotá se encuentra localizada en la Cordillera Oriental en la zona andina, esto hace que se tenga un clima frío y seco. Sin embargo el cambio climático ha generado cambios en los patrones anteriores donde se presentaban estaciones de verano e invierno, claramente identificables durante todo el año, con un verano con clima fresco, nublado, soleado y caluroso en los

tres primeros meses de cada semestre y un invierno caracterizado por un clima lluvioso, nublado y frío en los últimos tres meses de cada semestre.

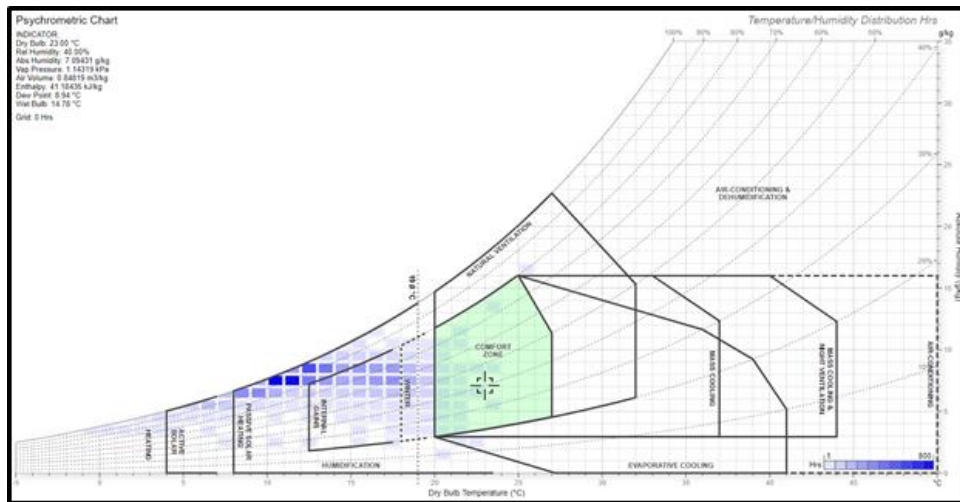
Ramírez también nos explica cómo ha cambiado el clima de Bogotá a causa del cambio climático; se estima que el clima continuara cambiando a causa del cambio climático apareciendo temporadas de mayores y menores lluvias durante el año, con veranos e inviernos más cortos y más nublados (Ramírez, 2021). Y refiriéndose a datos proporcionados por el IDEAM, este autor, menciona que durante el día la temperatura promedio puede estar entre los 18° y los 20°, y en las madrugadas la temperatura puede estar entre los 8°C y los 10°C, teniendo en cuenta que a inicios del año las temperaturas pueden llegar a bajar hasta menos de 5°C.

Además el autor también indica que el IDEAM contempla la posibilidad de que las temperaturas sigan aumentando lo que provocaría un nuevo cambio en los patrones de lluvia de la ciudad. Adicionalmente el IDEAM indica que la temporada seca solo está presente durante cuatro meses, que son: enero, febrero, julio y agosto. El mes más lluvioso sería abril, el menos lluvioso enero, y la temporada de invierno serían los otros ocho meses (Ramírez, 2021).

Como se puede observar, al analizar los datos obtenidos por el IDEAM, durante el año no hay cambios significativos en temperatura, en tierra fría se recomienda captar la luz solar por las fachadas oriente y occidente. El viento en su mayor parte proviene del oriente desde el norte hasta el sur, el viento posee una humedad relativa mayor a 70%, y es viento frío de entre 0° y 20°C. Se recomienda la captación solar por las fachadas oriente y occidente. Además la gran cantidad de lluvias, presentes durante al menos ocho meses, hace que sea necesario contar con sistemas de recolección de aguas lluvias, que pueden incluso pueden ser utilizadas para almacenar y reciclar haciendo uso de los mismos sistemas de recolección.

Figura 31

Diagrama Psicométrico Bogotá D.C.





Nota: En esta imagen se puede ver la ubicación de la Reserva forestal Thomas Van der Hammen y la ubicación del Plan parcial N° 2 El Carmen. Adaptado de: “Mapas Bogotá” Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021.

(<https://mapas.bogota.gov.co/>)

Es necesario tener en cuenta que el Plan Parcial el Carmen se encuentra ubicado cerca de la reserva Thomas Van der Hammen y el cerro de la Conejera en su zona nor-occidental (*Ver figura 32*).

Figura 33

Amenaza Movimiento en Masa Urbana 2018

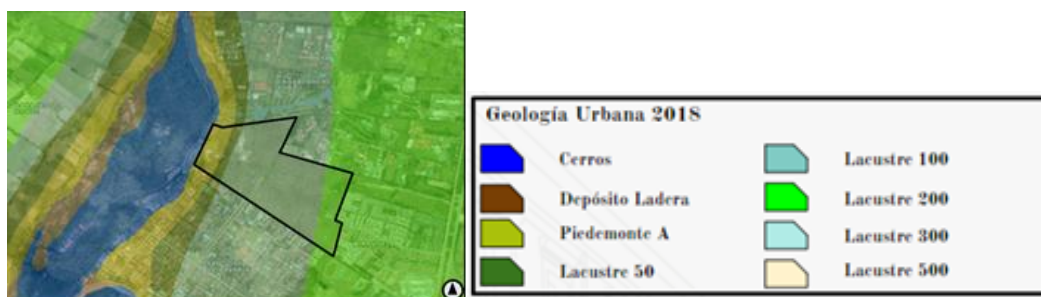


Nota: Amenaza Movimiento en Masa Urbana donde se puede apreciar que el área de la conejera cerca al plan Parcial N° 2 El Carmen presenta amenaza de movimiento de masa Urbana en su mayoría de tipo bajo y media. Tomado de: “Mapas Bogotá” Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

En la figura 33 se ve el riesgo que hay cerca al plan parcial N° 2 el Carmen, donde en su mayoría el riesgo de movimientos de masa es de intensidad media, un poco alta y cerca al lote presenta riesgo de movimiento de masas de nivel bajo.

Figura 34

Geología Urbana en el Plan Parcial El Carmen



Nota: Geología urbana 2018 siendo parte del plan Parcial N° El Carmen en su gran mayoría Lacustre 100. Adaptado de: “Mapas Bogotá” Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

Además el Lote se encuentra ubicado en una zona lacustre 200, y tiene un poco de lacustre 100 (Ver figura 34), por tanto es un suelo que se caracteriza por ser blando y el estrato portante está profundo, por esto se recomienda ver alternativas de cimentación que se adapten a estas condiciones de suelo y así mismo los sistemas de contención que se adecuen a estas características del suelo teniendo en cuenta que por sus características puede presentar el fenómeno de la licuefacción.

Figura 35

Altura Promedio por Manzana

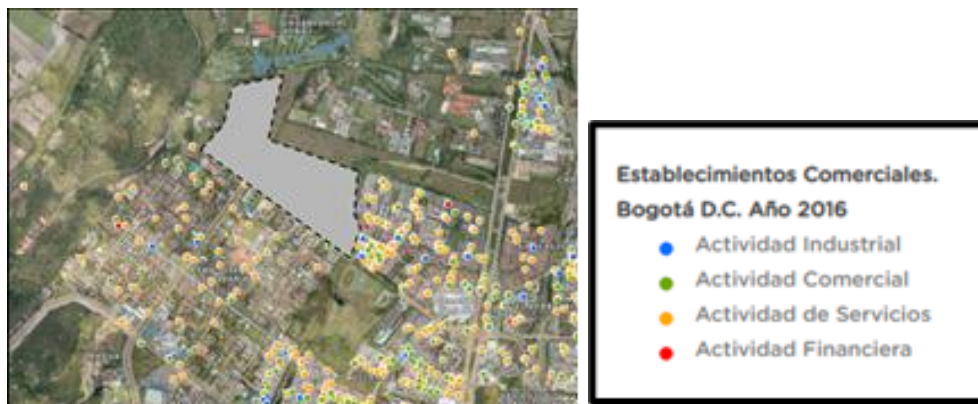


Nota: En la figura se puede apreciar la altura promedio por Manzana en la Localidad de Suba. Tomado de: “Mapas Bogotá” Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

La mayoría de los edificios en la zona tienen una altura de hasta 4 pisos como máximo. Cerca al lote la mayoría de las construcciones son de 2 o 3 pisos (*Ver figura 35*). Esto hace que haya poca jerarquización de alturas, sin embargo está proyectado en el plan Parcial N° 2 El Carmen la construcción de torres de edificios para vivienda VIS y No Vis cerca al lote del proyecto por lo que a futuro se convierte en una determinante de implantación.

Figura 36

Establecimientos Comerciales



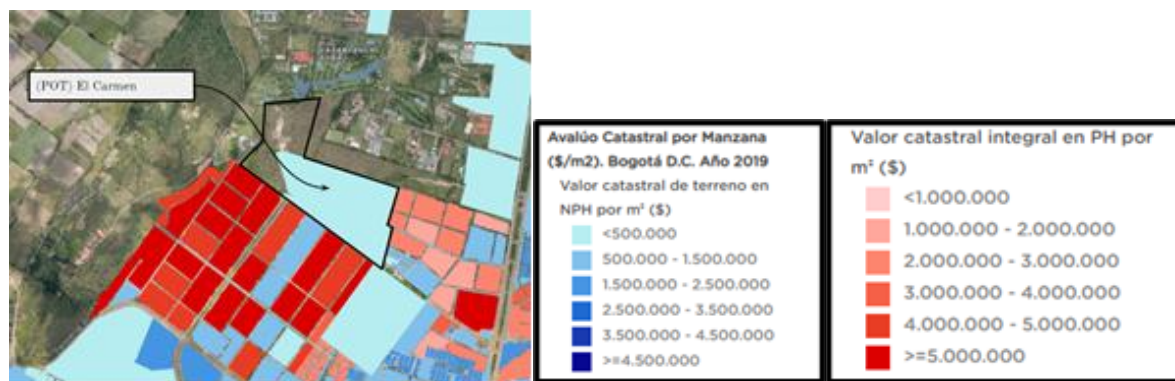
Nota: Establecimientos Comerciales por actividad cercanos al Plan Parcial N°2 el Carmen. Adaptado de: “Mapas Bogotá”

Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

Esta zona tiene un alto grado de actividad de servicios siguiéndolo la actividad comercial y un poco de actividad industrial. Cerca al lote la actividad residencial es la que más se puede observar (Ver figura 36).

Figura 37

Avalúo Catastral

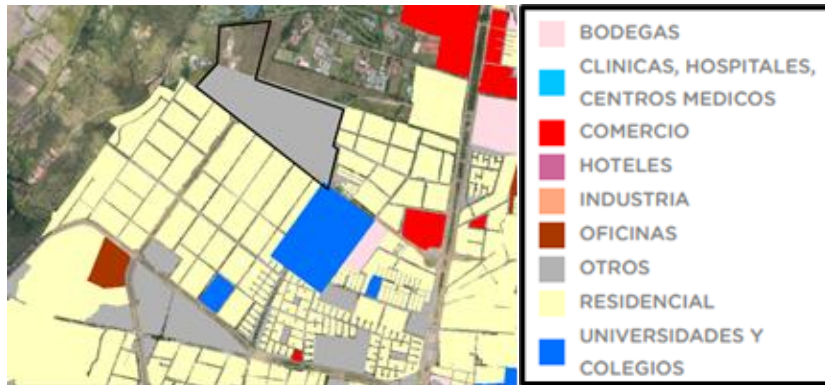


Nota: Avalúo catastral para el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Adaptado de: “Mapas Bogotá” Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

El valor catastral de la Propiedad Horizontal (PH) continuo al lote, es en su mayoría de 3.000.000 de COP en adelante y por el sur es de 4.000.000 de COP en adelante (Ver figura 37).

Figura 38

Plano de Usos



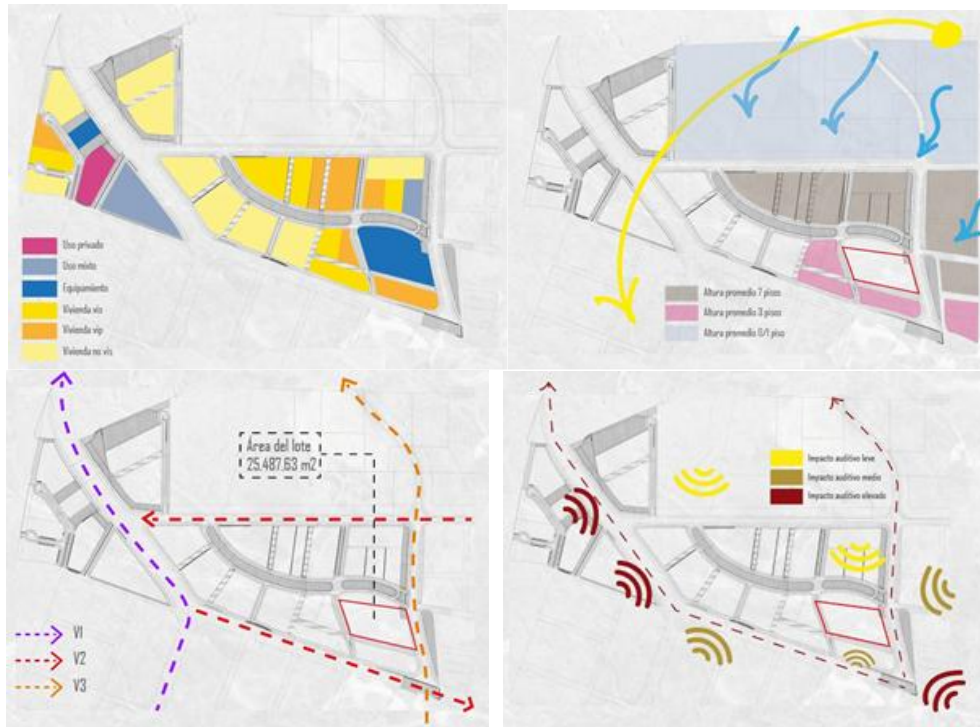
Nota: Plano de Usos actuales para la Localidad de Suba y el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Adaptado de: “Mapas Bogotá”

Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA], 2021. (<https://mapas.bogota.gov.co/>)

La mayor parte de los usos son de tipo residencial, el siguiente es universidades y colegios y por último comercio (Ver figura 38).

Figura 39

Plano Análisis determinantes de Diseño



Nota: Planos Análisis Determinantes de Diseño: plano análisis solar y vientos, plano de usos en el Plan Parcial N° 2 El Carmen.

Plano de vías Plan Parcial El Carmen y plano incidencia de sonidos exteriores Plan Parcial El Carmen. Elaboración Propia.

Como se puede ver en la figura 39, el plan Parcial tiene determinado unas zonas especiales destinadas para vivienda prioritaria, vivienda de interés social, vivienda No VIS. Sin embargo marcado en azul se encuentra el área para equipamiento público, el sol incide más que todo en las fachadas orientales, occidentales y cubierta. El viento incide en su mayor parte por la zona oriental, además se puede ver que hay una incidencia acústica debido a las vías principales que generan la necesidad de implementar estrategias de disminución de ruidos y estrategias acústicas pertinentes para evitar distracciones dentro y fuera del colegio.

Análisis de Referentes

Referentes Instituciones Educativas

Para el diseño y programa arquitectónico se tomó de referente nacional el colegio Distrital Rogelio Salmona y como referente Internacional la Western Academy of Beijing.

Figura 40

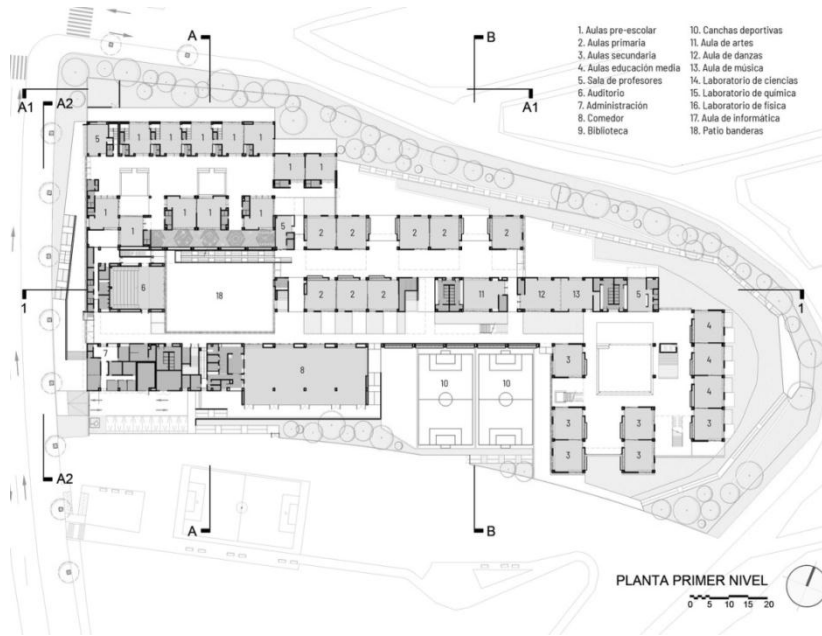
Colegio Distrital Rogelio Salmona



Nota: Fotografía aérea del Colegio Distrital Rogelio Salmona. Tomado de: “Colegio Distrital Rogelio Salmona” ArchDaily, (2019).

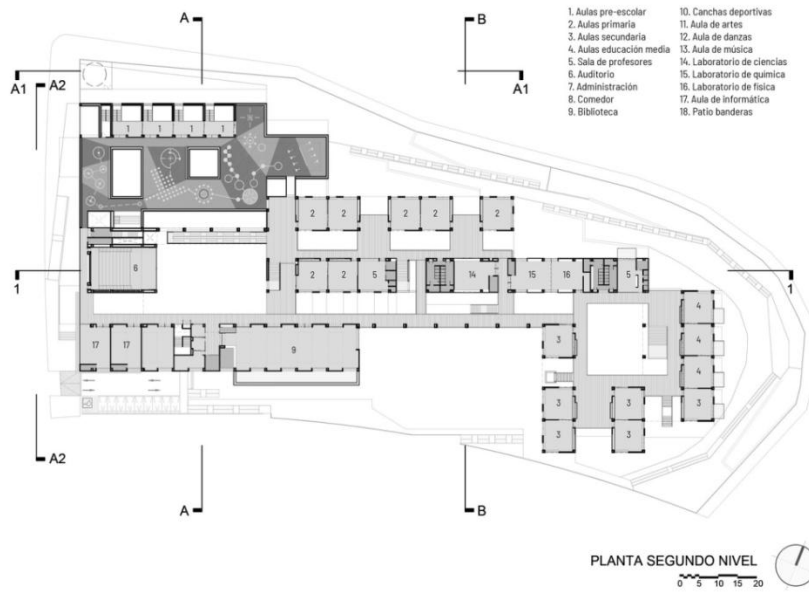
(<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>)

En la figura 40 se puede observar el Colegio Distrital Salmona ubicado en la Localidad de Ciudad Bolívar. Este colegio se ubica en medio de dos vías importantes y por detrás tiene un parque distrital. Su diseño convierte a este colegio en un referente interesante debido a que los diseñadores utilizaron estrategias de diseño para generar espacios adecuados para el aprendizaje al tiempo que permite implementar el nuevo modelo pedagógico.

Figura 41*Planta Primer Piso Colegio Rogelio Salmona*

Nota: Planta Primer Piso Colegio Rogelio Salmona con su respectiva distribución de espacios. Tomado de: “Colegio Distrital Rogelio Salmona” ArchDaily, (2019). (<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>)

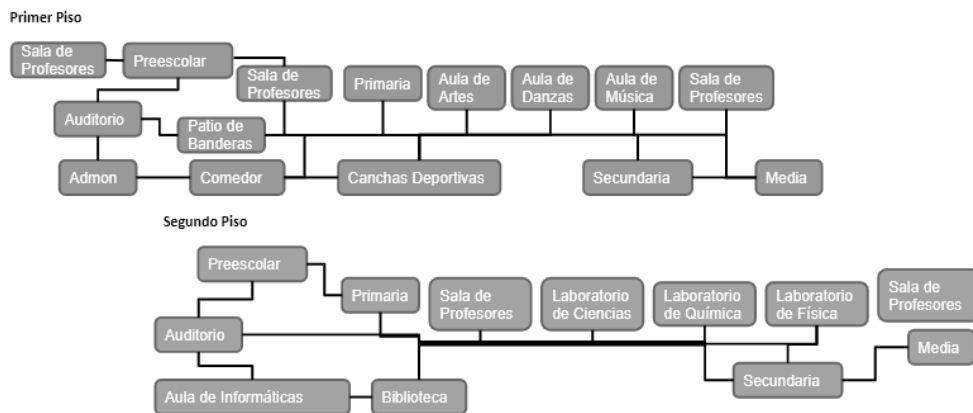
Figura 42*Planta Segundo Nivel Colegio Rogelio Salmona*



Nota: Planta segundo piso Colegio Rogelio Salmona con su respectiva distribución de espacios. Tomado de: “Colegio Distrital Rogelio Salmona” ArchDaily, (2019). (<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>)

Figura 43

Organigrama Colegio Distrital Rogelio Salmona

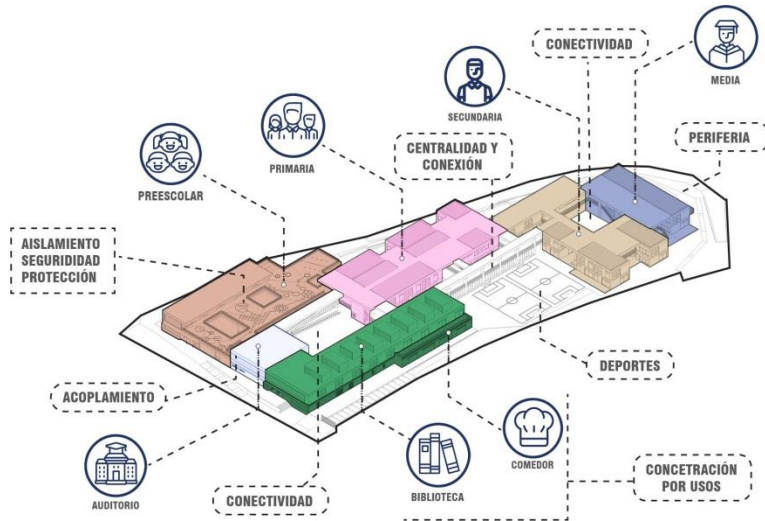


Nota: Organigrama Colegio Rogelio Salmona, donde se puede observar la distribución de espacios en el primer y segundo piso.

Elaboración propia.

Figura 44

Conclusiones Distribución Espacial Colegio Distrital Rogelio Salmona Primer Nivel

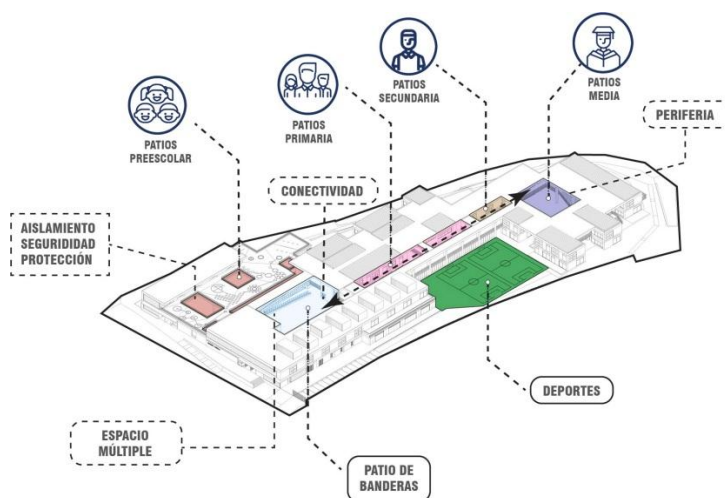


Nota: Conclusiones distribución colegio Rogelio Salmona, donde se puede apreciar cómo está distribuido el colegio y la forma en que se conectan los espacios. Adaptado de: “Colegio Distrital Rogelio Salmona” ArchDaily, (2019).

(<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>)

Figura 45

Conclusiones Distribución Espacial Colegio Distrital Rogelio Salmona Segundo Nivel



Nota: Conclusiones distribución Colegio Rogelio Salmona, donde se puede apreciar cómo está distribuido el colegio y la forma en que se conectan los espacios. Adaptado de: “Colegio Distrital Rogelio Salmona” ArchDaily, (2019). (<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>)

Figura 46

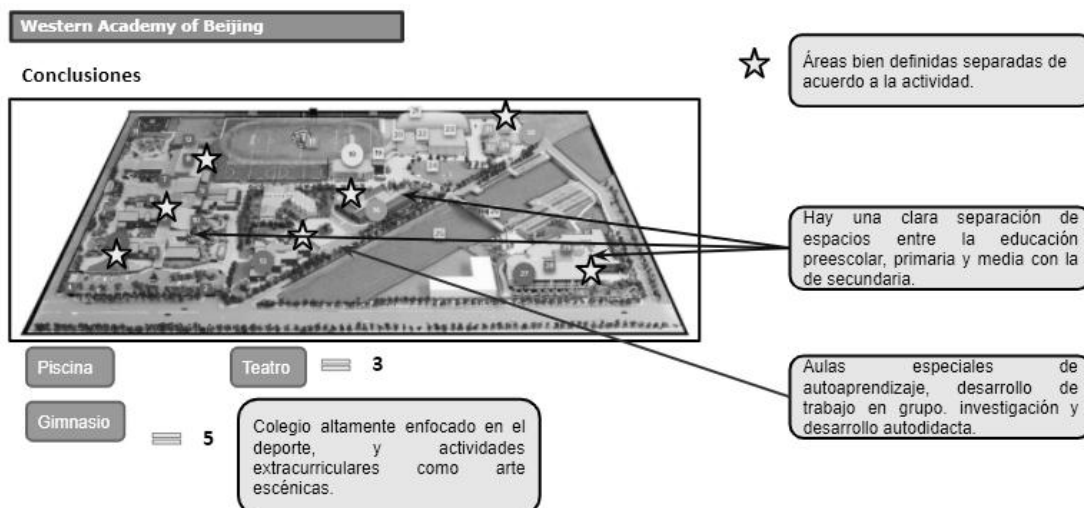
Western Academy of Beijing



Nota: Vista de la Western Academy of Beijing, en toda su extensión, en 3D. Tomado de: “Explore Our Interactive Campus Map” Western Academy of Beijing, (2021). (<https://www.wab.edu/discover/school-campus>)

Figura 47

Análisis Distribución Espacial Referente Internacional



Nota: Análisis Distribución Espacial de la Western Academy of Beijing, donde se aprecia los distintos espacios que posee y la forma en que se distribuyó en el terreno. Adaptada de: “Explore Our Interactive Campus Map” Western Academy of Beijing, (2021). (<https://www.wab.edu/discover/school-campus>)

Ambos colegios cuentan con infraestructura para educación preescolar, primaria, secundaria y media, se puede observar que se realiza una separación de espacios para las áreas de educación de los estudiantes siendo la zona de preescolar la más hermética y segura, luego la primaria cercana al preescolar en cambio la secundaria y media se ubican cercanas (*Ver figuras 41, 42, 43, 44, 45 y 46*).

El Colegio Distrital Rogelio Salmona, cuenta con un auditorio, biblioteca, laboratorios de ciencias e idiomas y aulas para clases de artes. En cambio la Western Academy of Beijing cuenta con piscina, 5 gimnasios y 3 teatros, y finalmente cuentan con un área diseñada especialmente para el trabajo autónomo de los estudiantes y trabajos grupales con instalaciones modernas (*Ver figura 47*).

Referente Tecnológico Acondicionamiento Y Uso de Contenedores Y Estructura Metálica

Se realizó una visita a un proyecto en la ciudad de Bogotá D. C. donde los contenedores fueron acondicionados para utilizarse como oficinas, teniendo en cuenta que su función es de carácter netamente no estructural, es decir, se adaptaron los contenedores para uso habitable y de resguardo sin embargo para cumplir con la Norma NSR-10, optaron por utilizar estructura metálica y placa colaborante a la cual adosaron los contenedores para formar así el Proyecto de oficinas (*Ver figura 48*).

Figura 48

Edificio con contenedores en Bogotá D. C.

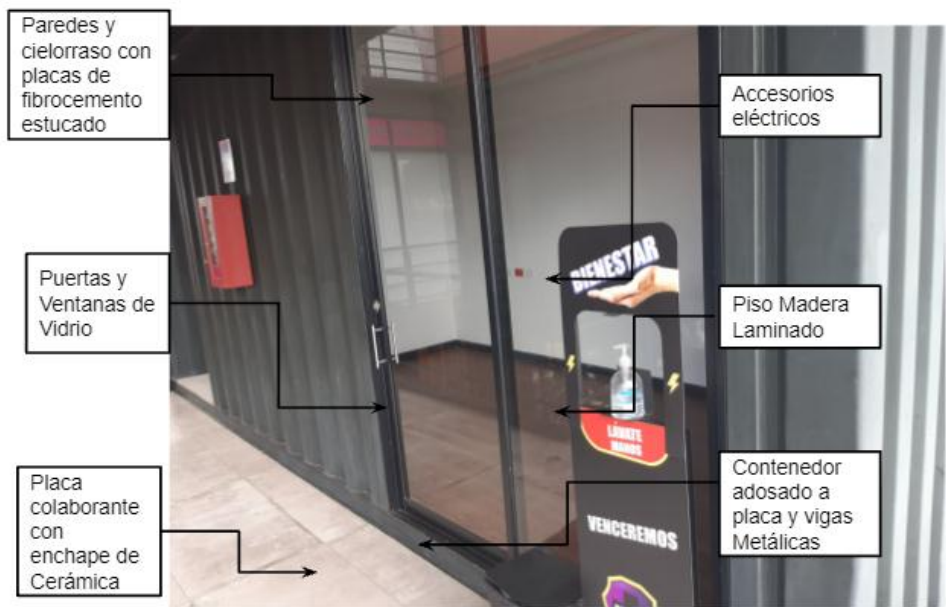


Nota: Edificio Comercial con contenedores en Bogotá D. C. donde se puede apreciar el uso de estructura metálica y los contenedores marítimos como zonas habitables. Elaboración Propia.

El proyecto encuentra ubicado en la Ciudad de Bogotá D.C. Es un edificio de 5 pisos, construido con estructura metálica y placa colaborante metálica, donde en vez de utilizar otro tipo de materiales constructivos para generar la división de espacios, como por ejemplo: mampostería, concreto o láminas de fibrocemento, decidieron utilizar contenedores marítimos, a estos contenedores los acondicionaron utilizando: láminas de fibrocemento, estuco, aislantes térmicos, reforzamiento al interior con perfiles tipo C, pisos de madera laminada, puertas y ventanas de cristal, cielo raso en fibrocemento, y aplicaciones eléctricas e hidráulicas según la necesidad o uso destinado a cada uno de ellos (*Ver figura 49*).

Figura 49

Edificio con contenedores acondicionamiento contenedores



Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Acondicionamiento de los contenedores para su uso como oficina. Elaboración Propia.

Figura 50

Unión Contenedores Con Estructura Metálica

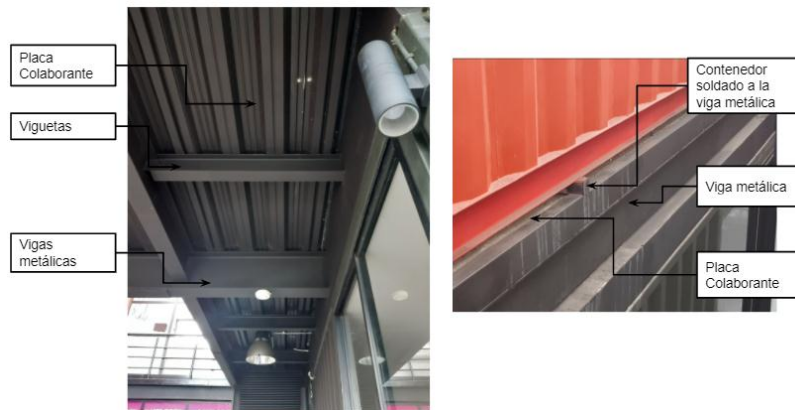


Nota: Edificio con contenedores Bogotá D. C. Unión de los contenedores con la estructura metálica. Elaboración Propia.

Los contenedores se apoyan en algunas zonas sobre las vigas, por medio del uso de uniones de tipo soldadura. Y también por medio de uniones de tornillos aunque estos no son visibles en las imágenes. La placa de la edificación es de tipo colaborante (Ver figura 50 y 51).

Figura 51

Estructura Metálica Y Unión Contenedores



Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Unión de los contenedores con la estructura metálica. Elaboración Propia.

El punto fijo se encuentra en la parte posterior, en esta parte se puede observar con facilidad el sistema estructural donde se aprecian las columnas metálicas, las vigas y los tensores (Ver figura 52). En esta zona también se encuentra ubicado el ascensor.

Figura 52*Edificio con contenedores estructura metálica*

Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Estructura metálica y punto fijo dentro del edificio. Elaboración Propia.

Las redes eléctricas, el sistema de recolección de lluvias y la red contraincendios se reparte a por el lado de una de las columnas que se encuentran en el punto fijo. El ingreso de la red eléctrica al contenedor, lo realizaron por la parte superior del mismo. La red eléctrica es llevada por al lado de la columna y luego asciende hacia la placa colaborante del piso superior y se reparte hacia las distintas zonas del piso; sin embargo para acceder y suministrar la energía al interior de los contenedores lo realizan por la parte superior utilizando tanto las cantoneras como aperturas que se realizan a las láminas de la parte superior del contenedor. Sin embargo como hay una diferencia entre la altura máxima del contenedor y la placa colaborante del nivel superior, realizan un suplemento con drywall para unir el techo del contenedor y dicha placa colaborante de tal forma que aprovechan este espacio para pasar las instalaciones eléctricas por todo el nivel del proyecto (*Ver figura 53*).

Figura 53

Instalaciones Eléctricas, Lluvias y Red Contra incendios



Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Instalaciones eléctricas, lluvias y red contra incendios vistos desde el interior y la forma en que se distribuyen dentro del proyecto. Elaboración Propia.

En el primer piso y segundo piso se encuentra ubicada la plazoleta de comida, de igual forma se colocan los tableros eléctricos, la repartición de tuberías principales de recolección de aguas lluvias, redes sanitarias, red contra incendios, sistema de ventilación y la red de gas (*Ver figura 54*).

Figura 54

Red contraincendios, redes eléctricas e hidrosanitarias y ventilación



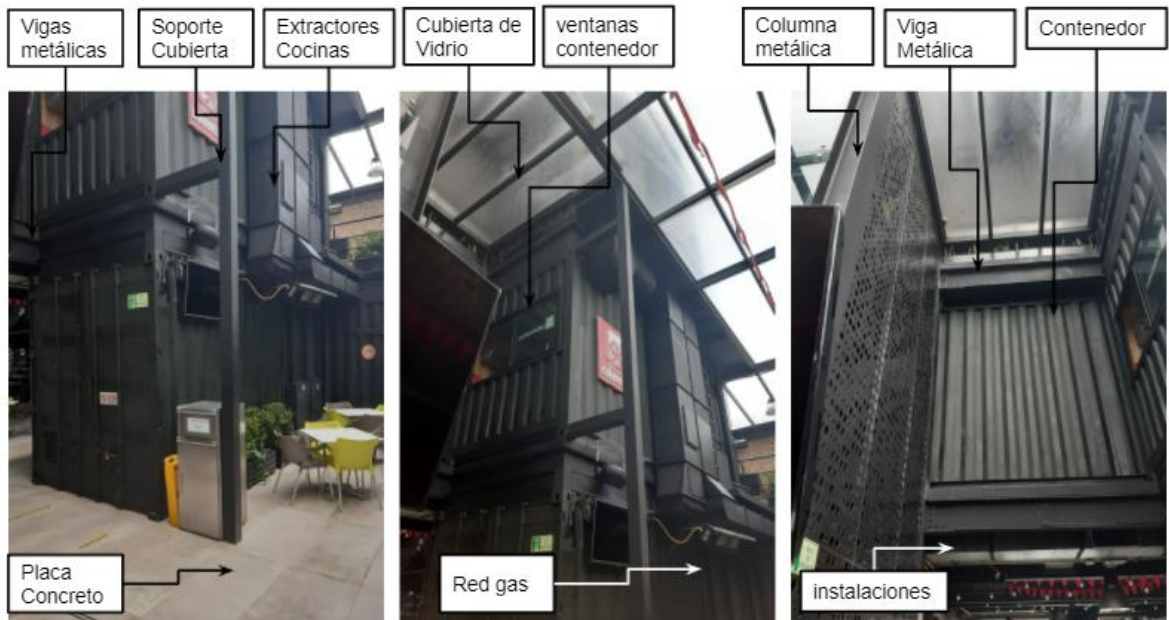
Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Red contraincendios, redes eléctricas e hidrosanitarias y ventilación en el primer piso y su distribución hacia los otros niveles. Elaboración Propia.

Los baños del edificio también están contruidos dentro de contenedores, los cuales fueron acondicionados para cumplir con esta función. En ellos se puede ver que los pisos fueron enchapados con cerámica antideslizante, dejaron una de las láminas del contenedor sin enchape o drywall es decir solo lo impermeabilizaron y lo pintaron de tal forma que la textura metálica del contenedor le da una textura y un carácter único a este espacio, sin embargo en la zona donde llegan los puntos hidráulicos si recubrieron la pared con lamina de fibrocemento enchapado con cerámica, para colocar a ese lado de la pared los lavamanos, sanitarios y espejos, el cielorraso también lo realizaron con drywall. Además para la salida de la tubería sanitaria de los inodoros colocaron un poyo de más o menos 20 cm, por lo que los sanitarios están a un nivel diferente al resto del piso del baño (*Ver figura 55*).

Figura 55*Baños en contenedores*

Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D.C. Baños en contenedores con acabados y enchapados. Elaboración Propia.

La plazoleta de comidas también está construida con contenedores, sin embargo el tratamiento que le dieron a los contenedores difiere al utilizado en las oficinas, ya que en estos utilizaron placas de fibrocemento enchapados con cerámica, la entrada de las instalaciones se realizó de la misma manera por la parte superior y descendiendo al punto necesario, adicionalmente como era necesario contar con una marquesina de vidrio en algunos puntos, se puede ver como soldaron columnas para sostenerla a la estructura principal; además por la parte posterior instalaron los sistemas de extracción necesarios en las cocinas (Ver figura 56).

Figura 56*Plazoleta de Comidas*

Nota: Edificio con contenedores en Bogotá D. C. Plazoleta de comidas toda construida en contenedores. Elaboración

Propia.

Materialidad

Para la materialidad se tiene en cuenta el grado de impacto ambiental de los materiales que se van a utilizar en el proyecto del equipamiento educativo; dentro de los materiales que se van a utilizar, la madera se encuentra como el material con menor impacto ambiental, sin embargo es una material que hay que utilizar en áreas donde no haya causas inmediatas de combustión pues tiene un alto grado de inflamación. Continuando con los materiales a utilizar se puede ver que la cerámica y piedra tienen un bajo impacto excepto en los residuos sólidos que dejan en donde el impacto es muy alto, otro

material a considerar es el PVC y los paneles de fibra de madera, debido la necesidad de utilizar estos materiales tanto para el aislamiento de los contenedores como para el sistema hidrosanitario del equipamiento (*Ver tabla 3, 5, 6 y figura 57*). Además se utilizan tejas ecológicas de plástico reciclado para la cubierta del auditorio de forma que se pueda reutilizar un material, el cual generalmente daña el medio ambiente en el final de su ciclo de vida al no tener un proceso de degradación eficiente y ecológico.

Aislamiento de los Contenedores

Para el aislamiento de los contenedores se tienen en cuenta el uso de materiales eco amigables es decir que sus emisiones de CO₂ y otros gases sean lo más bajo posible, que sean renovables y reutilizables que la conductividad térmica del material sea lo suficientemente buena, y que tenga una capacidad de resistir al fuego, y por último que a su vez permita tener aislamiento acústico.

Para esto los materiales a utilizar son los siguientes:

Recubrimiento térmico – acústico e impermeabilizantes para paredes, tabiques, techos y placas:

Panel Aislante de Fibras de Madera (*Ver figura 57*).

Figura 57

Panel Aislante Fibras de Madera



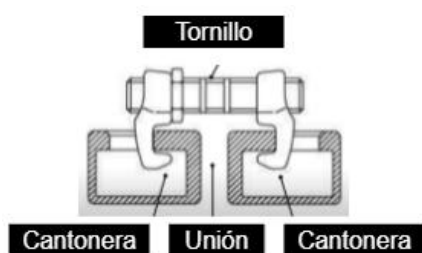
Nota: Panel Aislante Fibras de Madera, material de aislamiento ecológico y con sello FSC. “Aislamientos e impermeabilización ecológicos” EcoHabitat, (2021). Tomado de: (<https://ecohabitat.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-ecologicos/>)

Conexión de los Contenedores desde la Propuesta Tecnológica

Para realizar la conexión de los contenedores se utilizará dos de los tres métodos mencionados por SeltherMode (2018), atornillar, el cual conectara las cantoneras de los contenedores para realizar un unión en las áreas de baños individuales, mientras que para las aulas de preescolar se realizará el método de soldadura dado que permite la creación de un espacio que corresponde a tres contenedores simplemente uniendo dos contenedores, utilizando como piso y techo del área central las placa laterales de los contenedores, y en la parte trasera donde se ubica el baño se realiza un corte del tamaño de una puerta y se procede a soldar un contenedores de forma horizontal a la unión de los contenedores mencionados anterior mente (Ver figuras 58, 59 y 60).

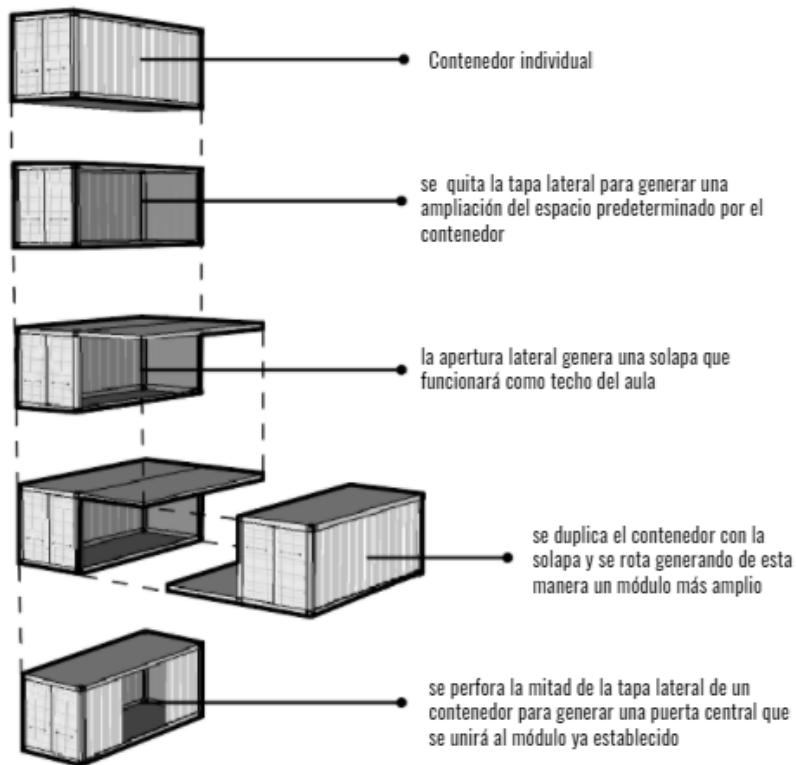
Figura 58

Detalle Constructivo Para conectar Contenedores En Áreas De Baños Individuales



Nota: Propuesta tecnológica unión contenedores para los baños Individuales utilizando el método de tornillos, el cual se conecta en las esquinas de los contenedores, es decir, en las cantoneras. Adaptado de: “How to connect and seal 2Shipping containers joined together to form a house” ShelterMode, (2018). (https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U)

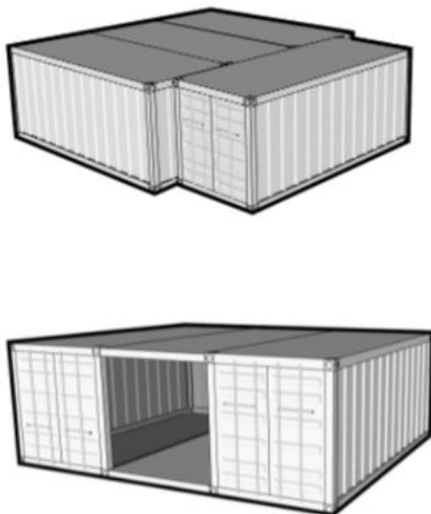
Figura 59

Propuesta tecnológica Unión Contenedores Aulas Preescolar

Nota: Para la propuesta tecnológica en la unión de contenedores para generar los espacios de las aulas de preescolar se toman dos contenedores se retiran las láminas de los lados para generar el espacio del medio y se toma un tercer contenedor al cual se le hace una abertura en el medio para generar con él el área del baño. Elaboración propia.

Figura 60

Aula Preescolar Propuesta Tecnológica Conexión Contenedores



Nota: Propuesta tecnológica unión contenedores para las aulas de preescolar, vista final del aula de preescolar al unir los tres contenedores junto con el espacio del medio al utilizar las dos láminas laterales. Elaboración propia.

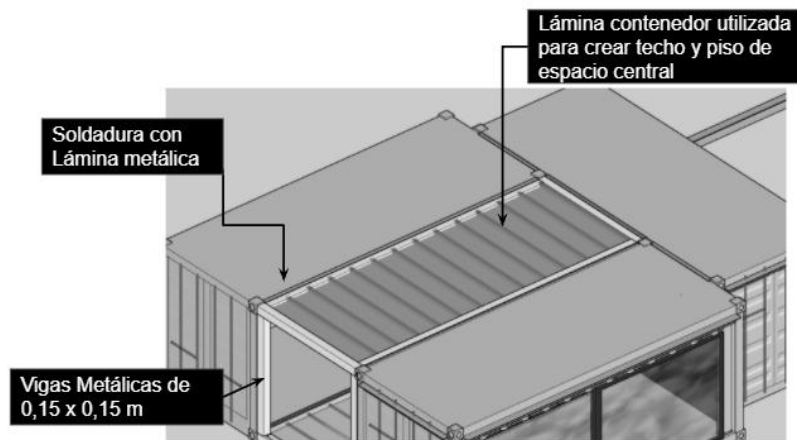
Una vez vista la propuesta desde un punto de vista volumétrico, se procede a presentar el interior de las aulas desde la forma en que se va a proceder a realizar las uniones de los contenedores, la manera en que se procede a realizar el acondicionamiento del contenedor para ser apto de albergar clases y baños en su interior y la forma en que las instalaciones hidráulicas y sanitarias se dispondrán dentro del mismo.

Primero que todo para entender la uniones de los contenedores se debe tener en cuenta que el aula se diseña a partir de retirar las láminas de los costados de dos de los contenedores las cuales se utilizaran para crear el techo y el piso del espacio central que queda entre ambos contenedores, luego se procederá a soldar los contenedores a vigas metálicas de 0,15 x 0,15 m las cuales formaran un marco

igual al que se tiene en los contenedores y anclado al forjado inferior a través de tornillos, posteriormente se procederá a soldar las láminas extraídas de ambos contenedores, para evitar luces o espacios entre las vigas metálicas y los contenedores se realizará la soldadura de láminas metálicas, adicionalmente el tercer contenedor que se adosará en la parte posterior se le realizará una apertura en una de sus láminas laterales más largas del mismo tamaño que el área central para luego unirlo a través de tornillos y soldadura a la estructura principal (Ver figura 61).

Figura 61

Contenedores Unidos



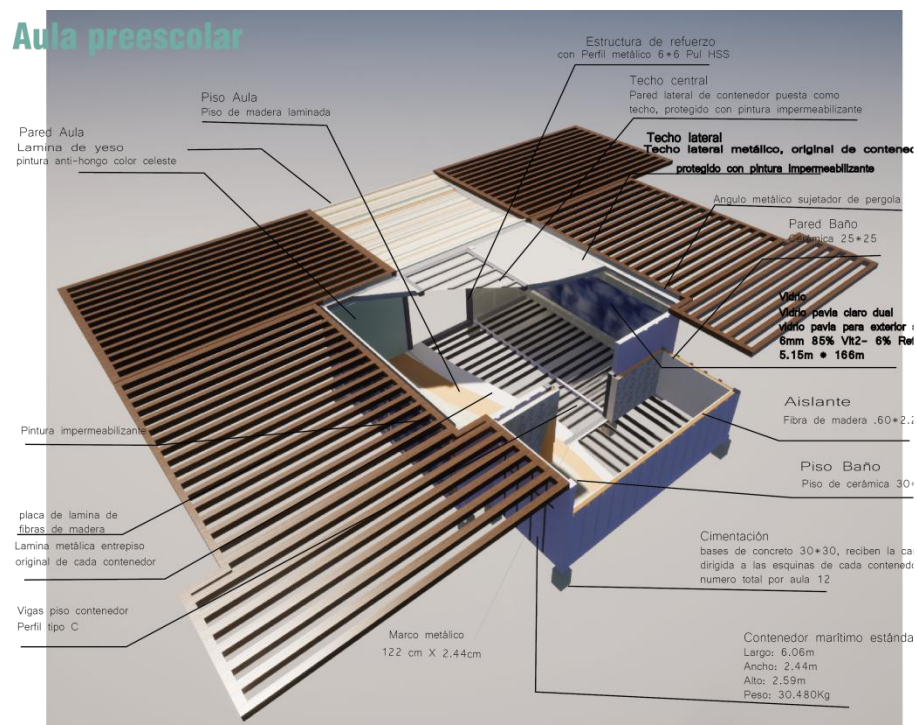
Nota: Propuesta tecnológica unión contenedores para las aulas de preescolar, utilizando el método de soldadura. Elaboración propia.

El interior del contenedor se acondicionará haciendo uso de diferentes materiales ecológicos de tal forma que se pueda reducir el proceso de emisión de Huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de la edificación y el consumo energético sea lo más bajo posible, para esto se plantea el siguiente proceso. Primero se procede a realizar los cortes necesarios para las puertas y ventanas a las laterales, paso a seguir se colocará los refuerzos con vigas de madera, se colocarán las instalaciones hidrosanitarias y

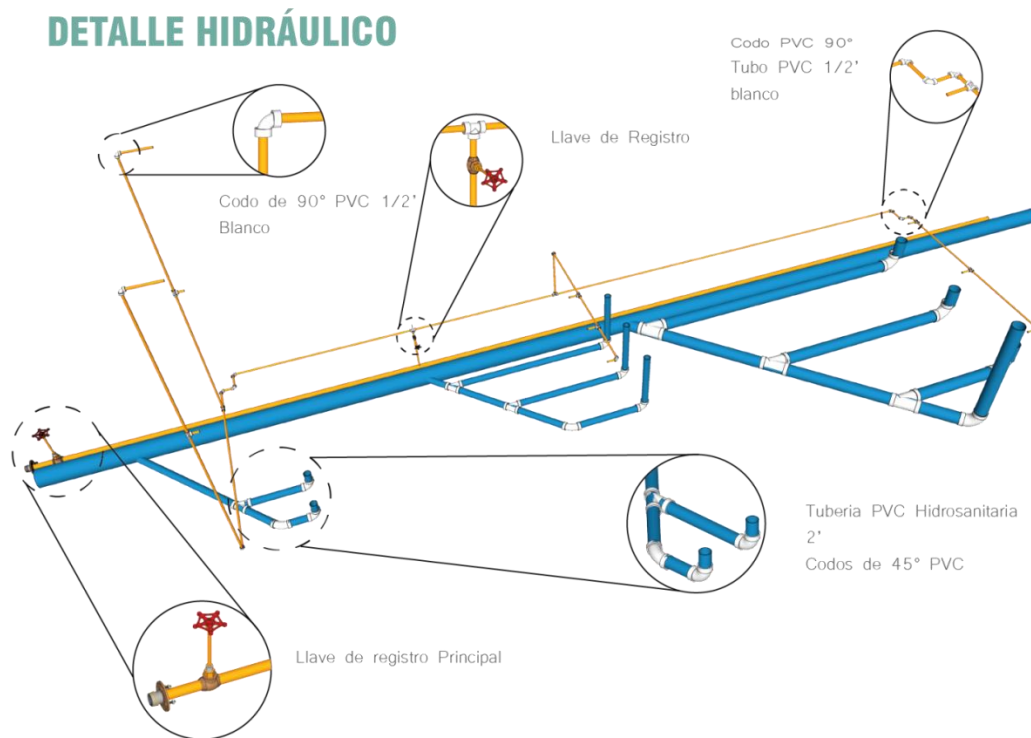
eléctricas en toda el aula, a continuación se colocaran los paneles de fibras de madera, tanto en piso paredes techos para tener así un confort térmico acústico al interior del aula y baño, posteriormente se procederá a instalar las láminas de fibrocemento tipo drywall en el aula y fibrocemento para zonas húmedas en el área del baño, posteriormente se realizará el debido proceso de enmascarado y estucado de los paneles; mientras que en el baño se procede a instalar los enchapes de cerámica, posteriormente se colocará los pisos de madera laminada al interior del aula y los pisos de cerámica en el baño (Ver figuras 62, 63 y 64).

Figura 62

Acondicionamiento Interior de los contenedores para Aulas de Preescolar



Nota: Propuesta tecnológica acondicionamiento Interior de los contenedores para las aulas de preescolar, donde se puede apreciar la materialidad al interior del aula. Elaboración propia.

Figura 63*Instalaciones Hidráulicas de los contenedores*

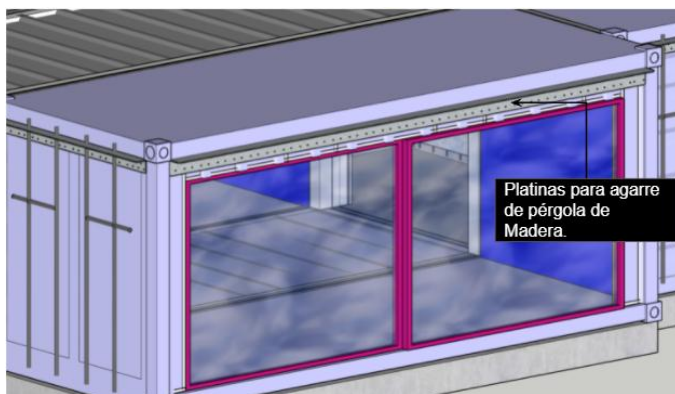
Nota: Propuesta tecnológica Instalaciones Hidrosanitarias al Interior de los contenedores para las aulas de preescolar, junto con toda la tubería en PVC para la distribución del agua potable al interior del contenedor y las tuberías sanitarias. Elaboración propia.

En el exterior del contenedor se realizará el proceso de pintar con anticorrosivo y pintura para metales, en la cubierta se procederá a realizar el techo verde para así poder asegurar dos aspectos fundamentales para el proyecto, el primero realizar el aislamiento e impermeabilización de la cubierta de las aulas con contenedores, y segundo garantizar un desarrollo sostenible utilizando los techos

verdes para recolectar agua para su posterior reutilización. Por último se debe tener en cuenta que las aulas conformaran un área para la sección de preescolar y contarán con una serie de pérgolas de madera, adosadas o agarradas entre los contenedores, esto se realizará a través de la propuesta de uso de platinas metálicas y tornillos que se agarraran a los contenedores (*Ver figuras 64, 65 y 66*).

Figura 64

Platinas para agarre de la pérgola de madera



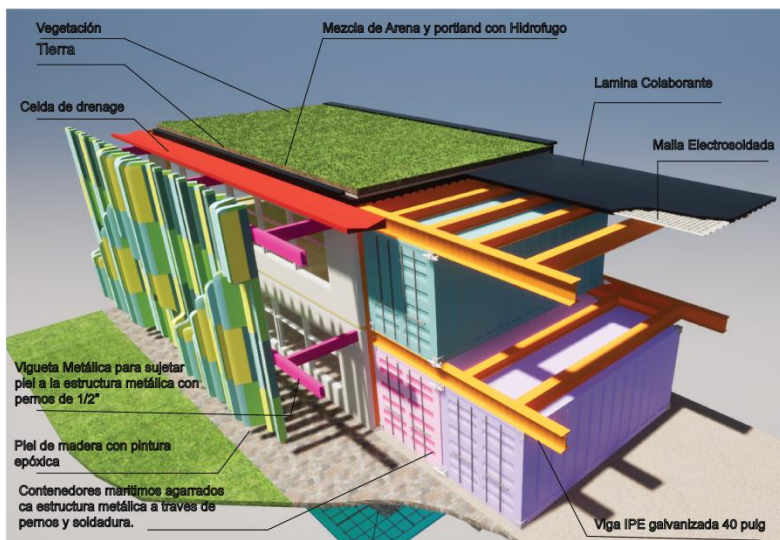
Nota: Platina metálica para el agarre de las pérgolas a los contenedores en la zona de las aulas de preescolar. Elaboración propia.

Figura 65

Pérgolas de Madera en los Contenedores

Nota: Vista de las pérgolas adosadas a las platinas metálicas a ambos lados de los contenedores en la zona de las aulas de preescolar. Elaboración propia.

Figura 66

Techo Verde En Contenedores Preescolar

Nota: Techo verdes en los contenedores en las aulas de preescolar con sus diferentes materiales para protección de la cubierta.

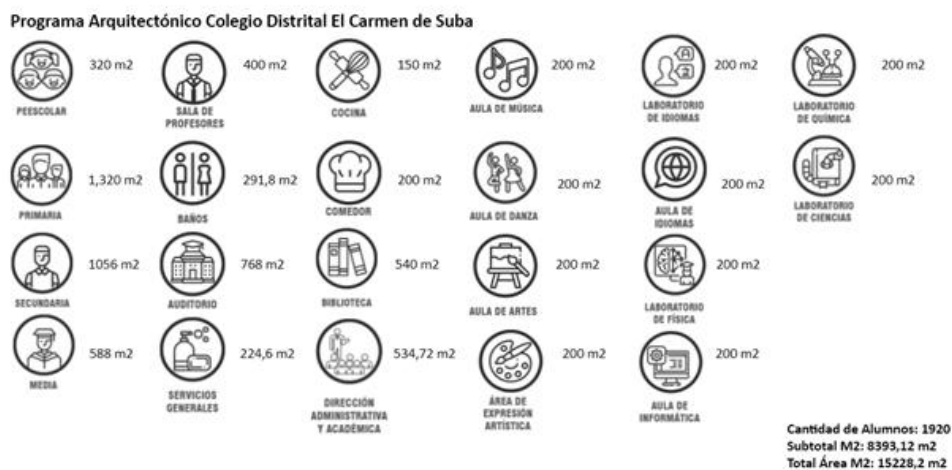
Elaboración propia.

Programa Arquitectónico

Luego de realizar el análisis del lugar y las necesidades educativas de la localidad se identificó que el déficit de cupos para la localidad de Suba es de 5000 aproximadamente, y siguiendo los lineamientos del ministerio de educación Colegio 10 se propone un programa arquitectónico para atender 1920 alumnos, el área total de construcción será de 15228,2 m² (Ver figura 67).

Figura 67

Programa Arquitectónico Colegio El Carmen



Nota: Programa Arquitectónico Colegio El Carmen con los m² destinados para cada una de las áreas del colegio. Elaboración Propia.

Tipología de Aulas

Teniendo en cuenta los lineamientos básicos del Ministerio de Educación se establecieron unas tipologías de Aula para realizar el diseño de la propuesta del Equipamiento Educativo. Para las Aulas de

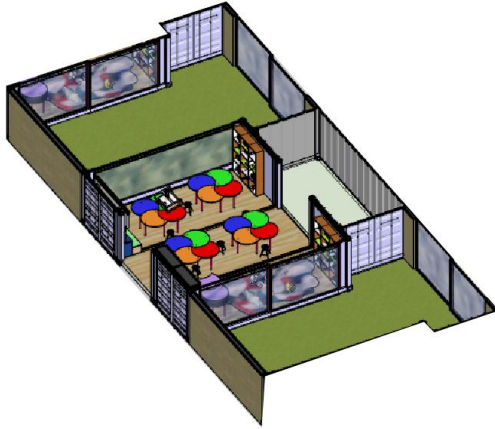
Preescolar se utilizará contenedores marítimos, debido a que sus medidas normales son de 12,19 m de largo, 2,44m de ancho y 2,55 m de alto para los contenedores largos y 6 m de largo, 2,44 m de ancho y 2,55 de alto, se diseñaron módulos a través de la unión de dichos contenedores para crear aulas modulares de 9,76 m de ancho, 12,19 m de largo, y 2,55 de alto.

Las medidas para las aulas de Primaria, Media y Secundaria son las siguientes: 8,80 m x 8,80 m en el exterior y 8,50 m x 8,50 m al interior con una altura de 3m. Siguiendo estas mismas medidas se plantearon las aulas para actividades artísticas, ciencias y áreas administrativas del colegio con las siguientes medidas: se toma un aula normal de primaria, de 8,50 m y se añaden 4,25 m quedando entonces aulas de 8,50 m de ancho por 12,75 m de largo y 3 m de alto.

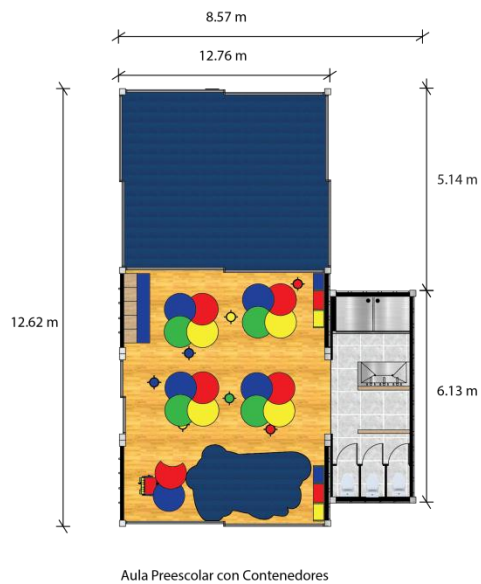
Para el área de los baños se toma una medida estándar de 8,50 m de largo de las aulas básicas y se le dan 3 m de ancho y 3 m de alto, en caso de ubicar baño de hombre y mujeres continuos la medida del ancho será de 6 m.

Para el auditorio las medidas propuestas son las siguientes: 20 m de Ancho, 47,82 de Largo y 6m de alto, para el comedor y biblioteca las medidas son: 29,96 m de ancho, 34,74 m de largo y 4 m de alto, ubicándose el comedor en el primer piso y la biblioteca en el segundo.

A continuación las imágenes que ilustran las medidas propuestas:

Figura 68*Aula Preescolar Con Contenedores*

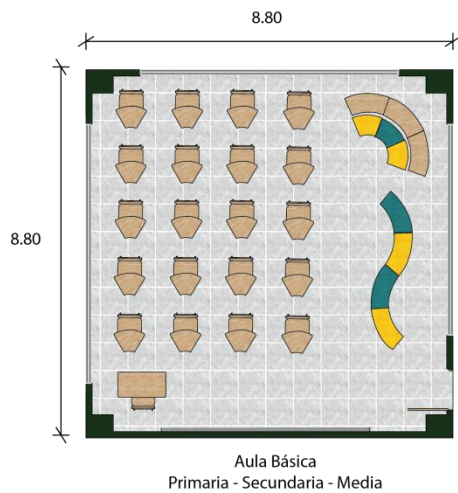
Nota: Vista del Aula Preescolar con Contenedores con la distribución de los muebles. Elaboración Propia.

Figura 69*Aulas preescolar con contenedores*

Nota: vista del plano de las aulas de preescolar construidas con contenedores con su materialidad. Elaboración Propia.

Figura 70

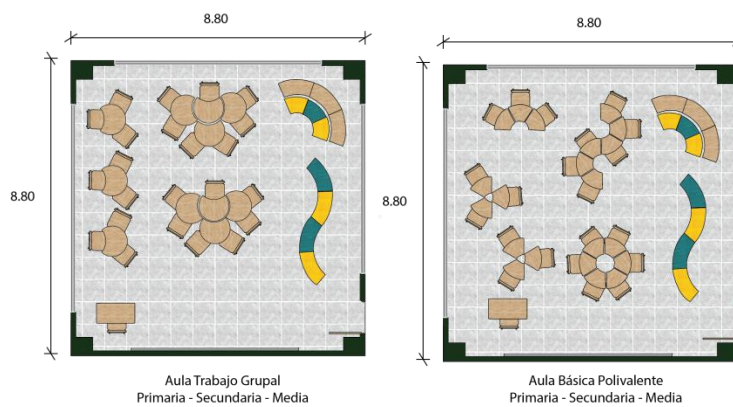
Medidas Aulas



Nota: Medidas destinadas para los módulos de aulas de primaria, secundaria, básica, y media. Elaboración Propia.

Figura 71

Aulas primaria, secundaria y media



Nota: Plano de las aulas en la zona de primaria, secundaria y media; trabajo grupal y aula polivalente. Elaboración Propia.

Figura 72

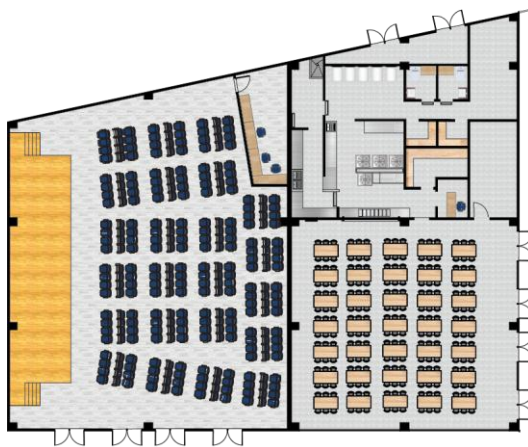
Aulas Laboratorios física, química y arte.



Nota: plano de las aulas de los laboratorios de física, química y arte, para primer y segundo nivel. Elaboración Propia.

Figura 73

Auditorio y comedor



Nota: Plano del auditorio, comedor y biblioteca en el primer nivel. Elaboración Propia.

Figura 74

Entrada occidental, portería, biciparqueaderos, y baños con contenedores



Nota: Planos de la portería, biciparqueaderos, enfermería y baños con contenedores todos con su materialidad. Elaboración Propia.

Propuesta Volumétrica

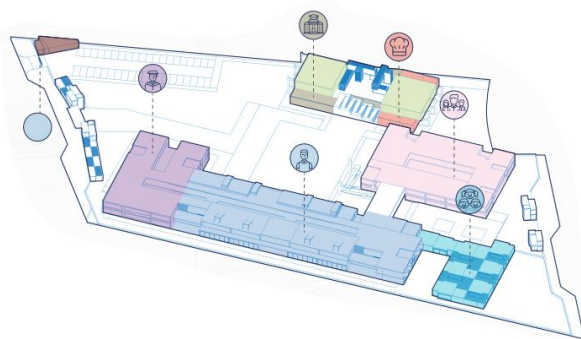
Luego de realizar el análisis del lugar, condiciones climáticas, vecinos, alturas, y demás aspectos se planteó la mejor disposición de la volumetría, y la zonificación del colegio. Dado que la vías principales que conectan el proyecto son la Avenida las Villas y la vía local 1 se planteó una entrada por el costado oriental y otra entrada por el costado occidental de la misma forma en la parte oriental se ubicó preescolar y primaria, mientras en la zona occidental se implantó Secundaria y media, en la parte

central se ubican las áreas de arte y cultura, biblioteca, comedor, mientras que el auditorio se ubica en el extremo oriental del lote (Ver figura 75).

Asimismo se ubicó la entrada al parqueadero por la Avenida las Villas; en cuenta a la bioclimática se evidenció el recorrido solar de manera diagonal en el lote por lo que se propone ubicar los edificios con orientación noroccidental de tal forma que se pueda aprovechar la captación de la luz solar por las fachadas oriente y occidente. Dado que el terreno es plano no es necesario aplicar estrategias de implantación por niveles sin embargo debido al contexto urbano inmediato se propone el uso de jerarquización por alturas y ejes repetitivos para producir una volumetría que permita el flujo a través del campus y una integración con los vecinos circundantes.

Figura 75

Diseño Volumetría



Nota: Diseño Volumetría y Parámetros de Implantación. Elaboración Propia.

En esta imagen se puede ver que:

Entradas: las entradas se ubican estratégicamente a ambos extremos del colegio, permitiendo la separación entre preescolar y primaria y la zona de secundario y media.

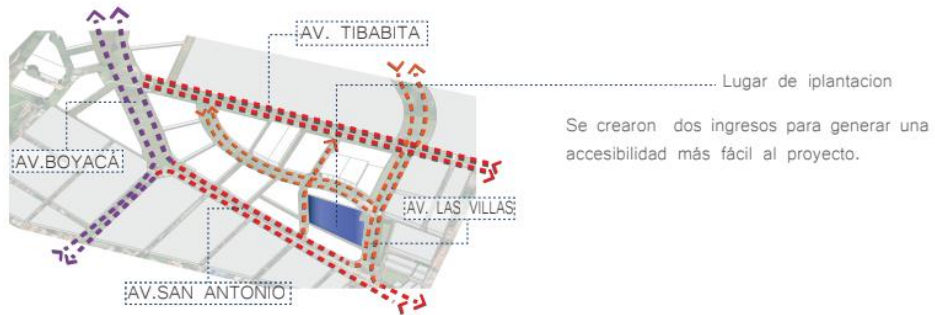
Patio Central: Permite articular las diferentes zonas del colegio, generando un punto de encuentro clave.

Comedor: Se ubica más cerca a los estudiantes de grado inferiores.

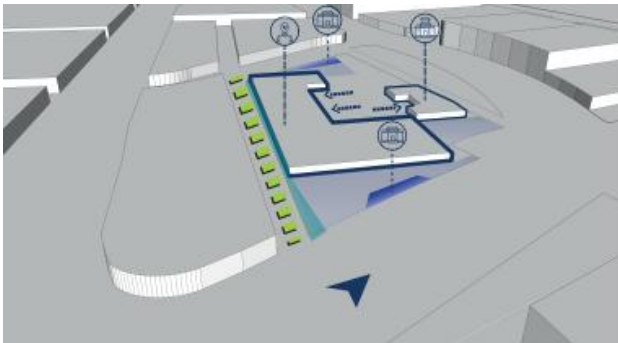
Auditorio: Este se encuentra más cerca de las áreas de secundaria y media.

Implantación Colegio

Para realizar la implantación del colegio se tuvo en cuenta los parámetros analizados con respecto al lugar y la bioclimática, debido a que las dos vías más importantes que conectan al proyecto se ubican por la zona oriente y occidente se plantearon las entradas por la fachada oriente y occidente, el parqueadero tiene su acceso por la fachada occidental mientras que por la fachada oriental se ubicaran las canchas de futbol, basquetbol y voleibol colindando con el parque público de tal forma que pueda cederse los fines de semana para el uso de la comunidad del sector. por la fachada norte el equipamiento colinda con el lote del equipamiento público 2, en esta zona estará ubicado un muro que separará ambos lotes, debido a esto se planteó que el auditorio, comedor y biblioteca se ubiquen cerca a los parqueaderos y a las canchas, facilitando así la conectividad y el ingreso de las personas a la institución (*Ver figura 76, 77, 78 y 79*).

Figura 76*Determinantes Implantación*

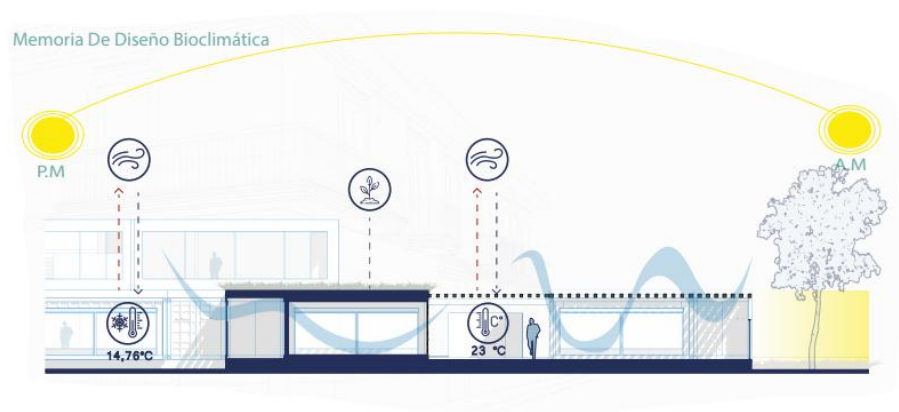
Nota: Determinantes de Implantación para el proyecto del colegio en el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración propia.

Figura 77*Determinantes de Implantación*

Nota: Determinantes de Implantación para el proyecto del colegio en el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración propia.

Figura 78

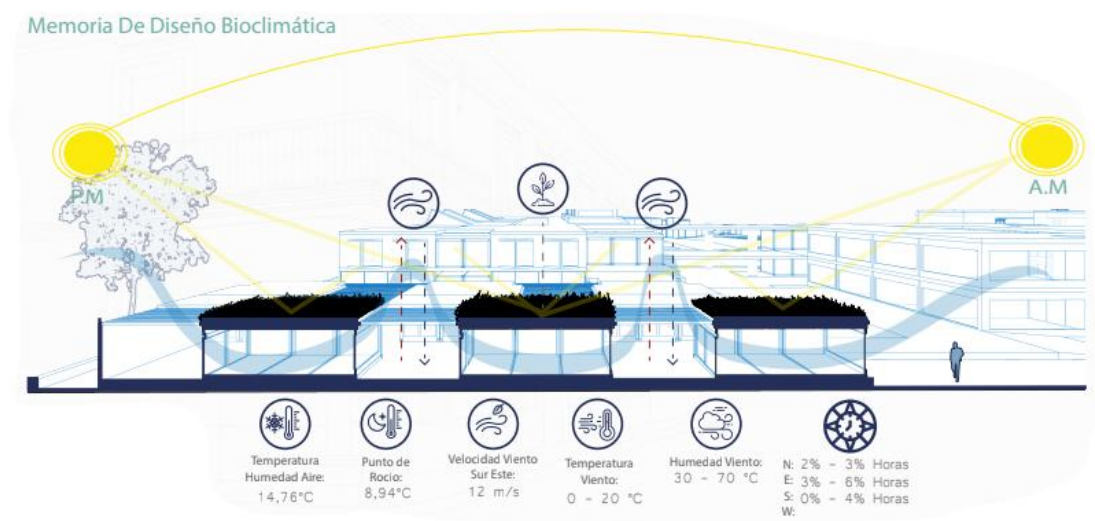
Determinantes de Implantación desde lo Bioclimático



Nota: Determinantes de Implantación desde la bioclimática para el área de preescolar y la incidencia de las estrategias en el confort térmico. Elaboración propia.

Figura 79

Determinantes de implantación desde la Bioclimática



Nota: Determinantes de Implantación desde la bioclimática para el área de preescolar y la incidencia de las estrategias en el confort térmico. Elaboración propia.

Continuando con el mismo desarrollo se planteó que tanto preescolar y primaria se ubique cerca a la entrada de la zona oriental para facilitar el acceso y control de los niños más pequeños, por otra parte la parte de secundaria y media se ubicó en la zona más occidental cerca a la entrada occidente de tal forma que esta decisión permita tener a los estudiantes más grandes en una zona diferente pero que a su vez se puedan ingresar fácilmente a la institución, con respecto a la parte administrativa y aulas destinadas para artes y ciencias se ubicaron en la parte central y sur del lote debido a que esta zona es la más alejada del equipamiento público 2, queda cerca a la alameda y a los edificios tipo VIS, por lo que es necesario que esta zona no se produzca mucho ruido pero se garantice una buena ventilación debido a las tuberías de gas necesarias para los salones de ciencias.

La implantación también tiene en cuenta las tipologías de aulas y áreas requeridas que cumplan con los lineamientos básicos del ministerio de Educación, sumado a las necesidades bioclimáticas del proyecto al implantarlo en el lugar; debido a que las aulas necesitan una buena iluminación se realizó un diseño que permita captar la mayor cantidad de luz solar al año evitando la sobreexposición solar de los salones, sin embargo, se plantea la necesidad de crear terrazas y estrategias de iluminación indirecta al tiempo que se utilizarán elementos arquitectónicos para impedir el paso excesivo de luz solar a horas claves.

Teniendo en cuenta lo anterior, el área de preescolar al ser realizada con contenedores tenderá a captar en mayor medida los rayos solares, especialmente a la hora del medio día, es por esto que se plantea el uso de techos verdes para aprovechar la capacidad de la vegetación de reducir el calor; Sin

Nota: Implantación volumétrica Vista isométrica con las zonas y áreas del colegio. Elaboración Propia.

Figura 82

Circulación



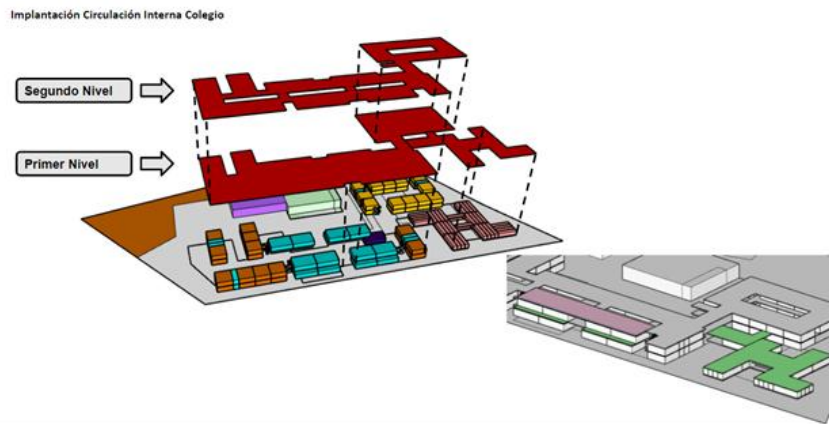
Nota: Accesos y circulación dentro del proyecto del colegio. Elaboración Propia.

La circulación se planteó de tal forma que pueda haber un acceso por el oriente y occidente por las vías principales, dejando la entrada oriental para el acceso a primaria y preescolar, mientras que la entrada occidental permite el acceso a secundaria y media, además en esta zona se hallan los parqueaderos para automóviles y los biciparqueaderos. Al interior del colegio la circulación tiene un eje principal que atraviesa de oriente a occidente mientras que el acceso a primaria se conecta por primer nivel con el patio central, sin embargo por preescolar se puede desplazar por sentido oriente-occidente para llegar así al bloque de aulas especiales, si se continua por el pasillo interno se puede acceder a primaria o desplazarse a las aulas de secundaria. En el Bloque de los estudiantes mayores se presenta una circulación que cuenta con espacio de esparcimiento y zonas verdes. De igual manera en el bloque

de primaria se encuentra una configuración parecida teniendo un área de zonas verdes en el primer nivel. Todos los pasillos permiten acceder al Patio Central y desde este se puede llegar al área del auditorio, comedor y la biblioteca. Finalmente se puede afirmar que la circulación en el proyecto se maneja de manera ortogonal conectando todos los espacios entre sí, y generando una dinámica de circulación eficiente al interconectar todas las áreas al tiempo que permite realizar una división interna entre los distintos niveles educativos existentes dentro del plantel (*Ver figura 83*).

Figura 83

Circulación Interna

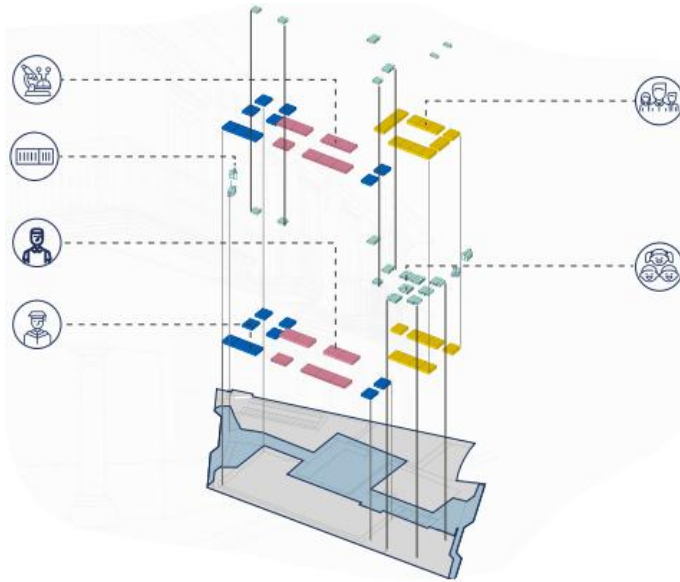


Nota: Circulación Interna en los dos niveles del colegio. Elaboración Propia.

En la figura 83 se puede observar la implantación vista desde el suroccidente y suroriente.

Figura 84

Implantación Volumétrica por Zonificación

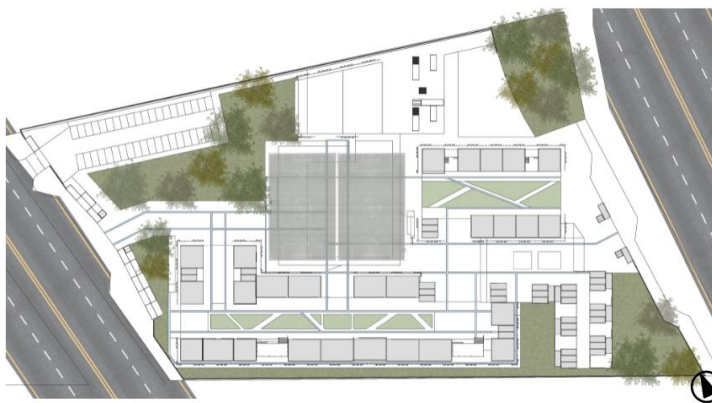


Nota: Implantación volumétrica por zonificación dentro del proyecto del Colegio. Elaboración Propia.

En la figura 84 se puede observar la implantación por áreas de estudio, visto desde sur oriente y nororiente.

Figura 85

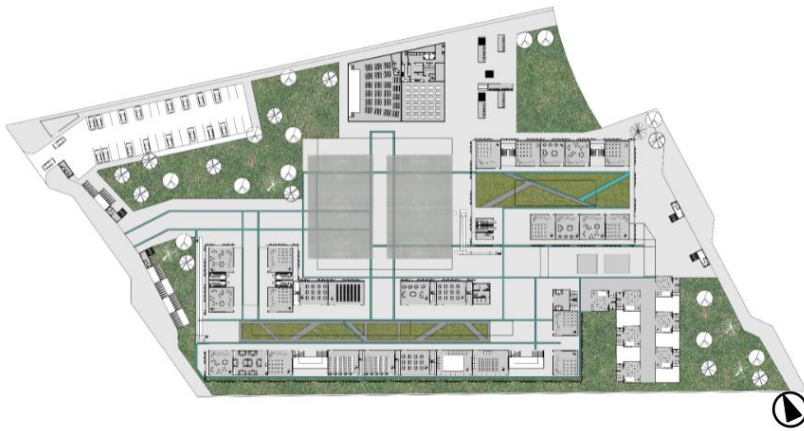
Planta de Localización Colegio



Nota: Planta de Localización colegio en el plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración Propia.

Figura 86

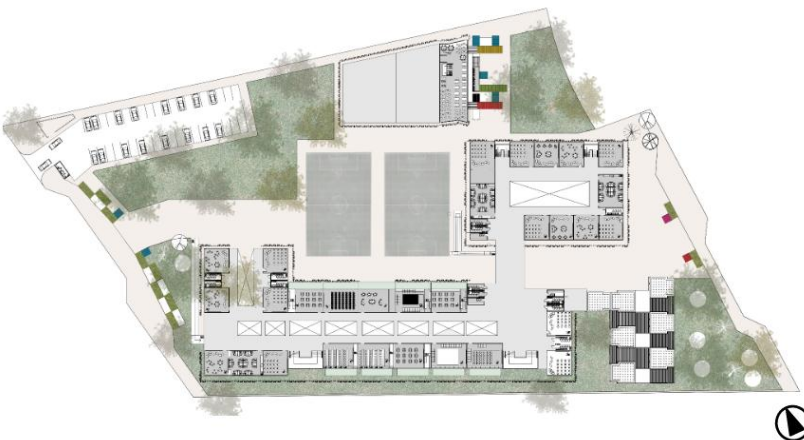
Planta primer Nivel Colegio



Nota: Planta primer nivel colegio en el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración Propia.

Figura 87

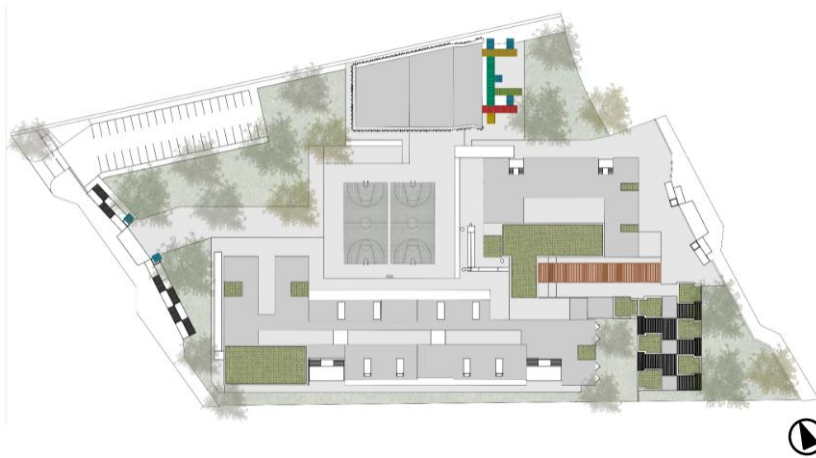
Planta segundo nivel colegio



Nota: Planta segundo nivel colegio en el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración Propia.

Figura 88

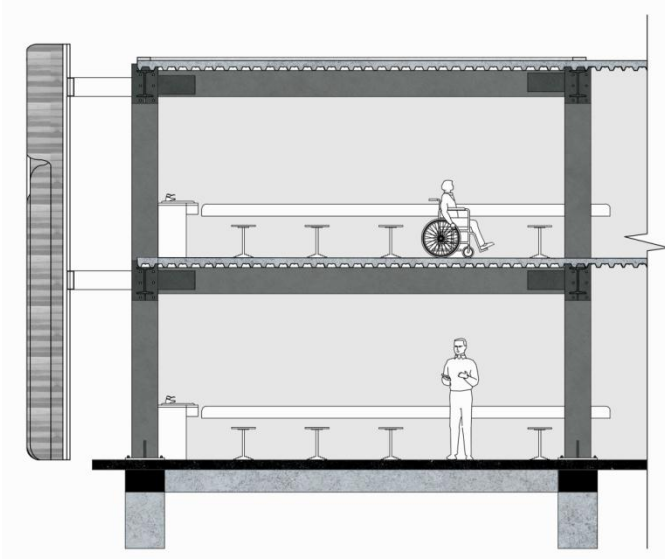
Planta cubiertas colegio



Nota: Planta de cubiertas colegio en el Plan Parcial N° 2 El Carmen. Elaboración Propia.

Figura 89

Corte aulas especiales laboratorios de física y química



Nota: Corte de las aulas especiales: laboratorios de física y química, en los dos niveles del colegio. Elaboración Propia.

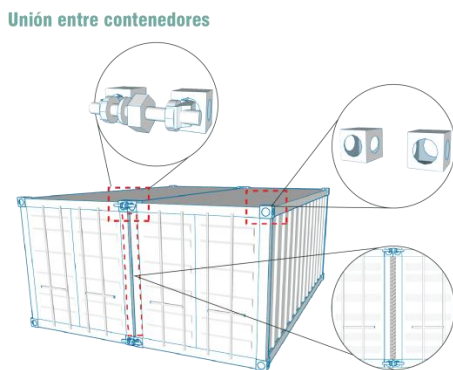
Detalle Constructivo

Para el proyecto del colegio se utilizará estructura metálica con placa de concreto colaborante con lámina metálica, sin embargo en las zonas donde se colocarán los contenedores, las instalación de los mismos se realizará sobre las vigas metálicas sin placa, es decir, el contenedor será soldado y atornillado a las vigas y viguetas de las estructura, para aprovechar de esta forma que el contenedor tiene su propio suelo, por lo que sería innecesario construir placa en esta zona.

Adicionalmente la piel se conectará a la estructura metálica, dejando una separación de unos 0,80 metros de tal forma que permita el acceso de los encargados de la limpieza exterior de vidrios y ventanas (Ver figuras 90, 91, 92, 93 y 94).

Figura 90

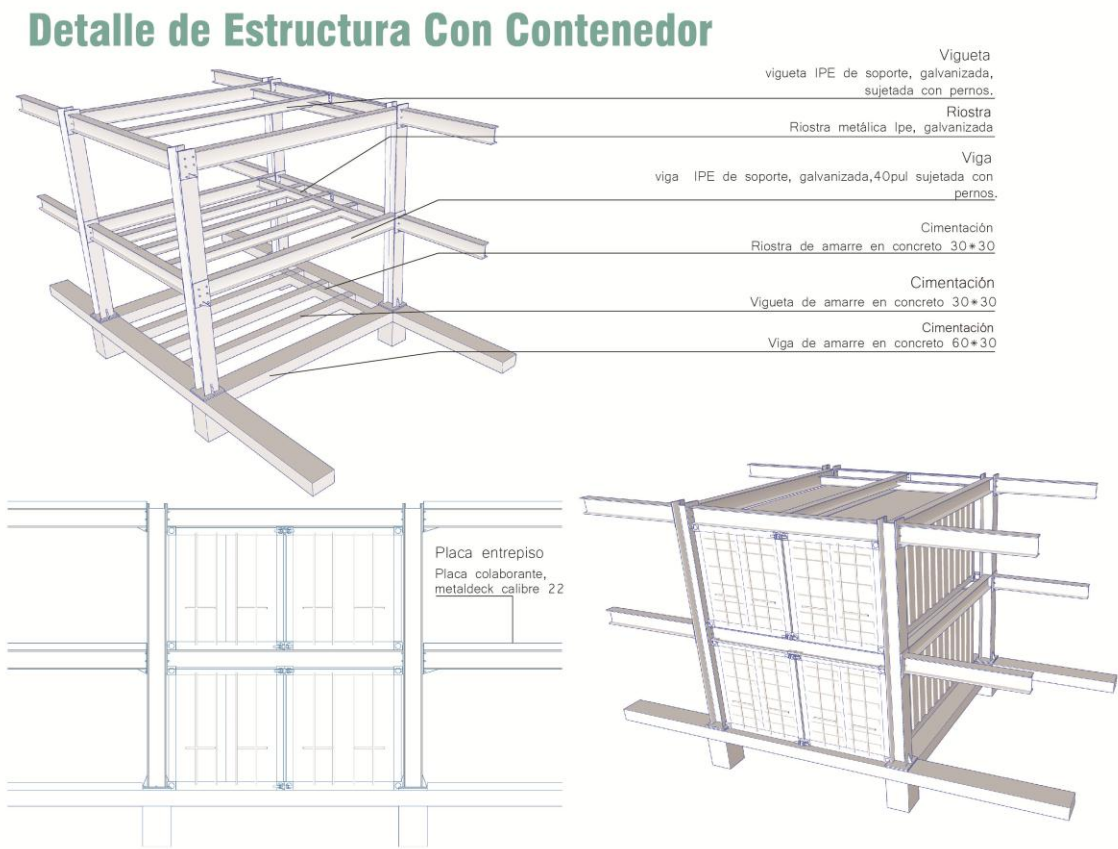
Detalle constructivo unión contenedores



Nota: Unión Contenedores utilizando el método de atornillar para los baños. Elaboración Propia.

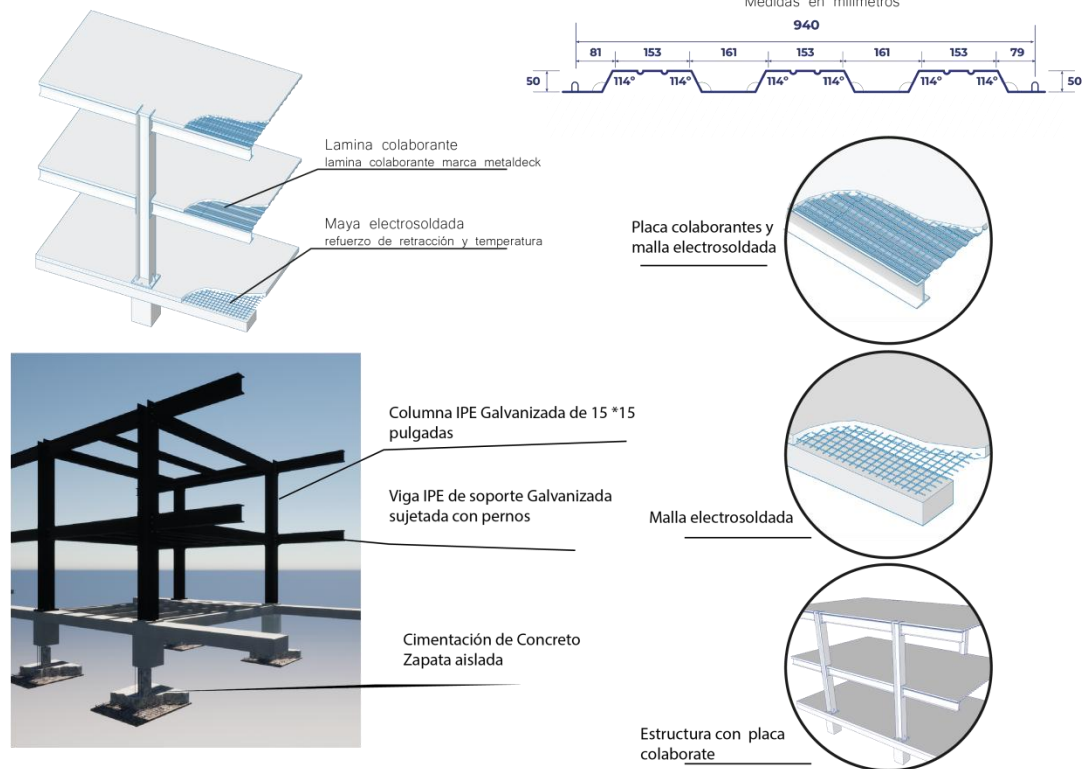
Figura 91

Estructura metálica colegio y forma de instalar los contenedores



Nota: Estructura metálica para el colegio y la forma en que se colocan los contenedores dentro de ella teniendo en cuenta que se utilizan el método de soldadura y de atornillado, dependiendo el caso. Elaboración Propia.

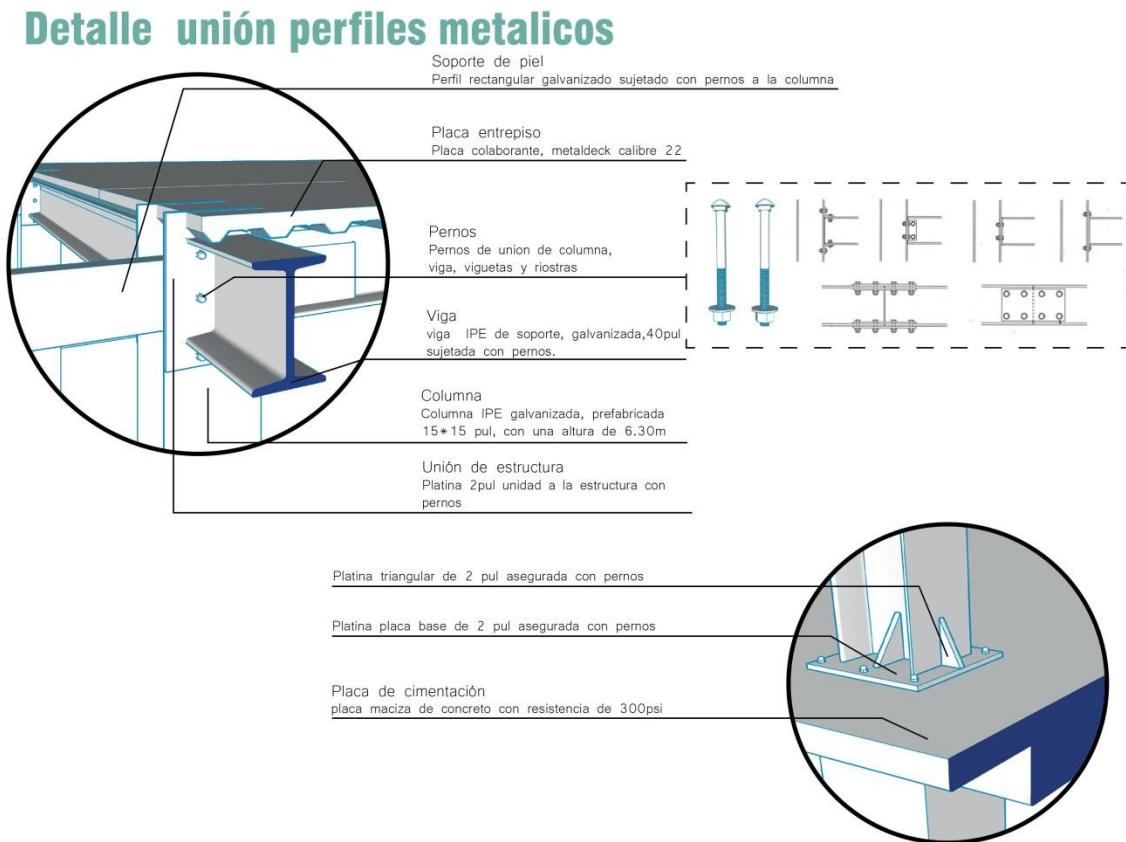
Figura 92

*Estructura metálica en el colegio***Detalle de Estructura Sin Contenedor**

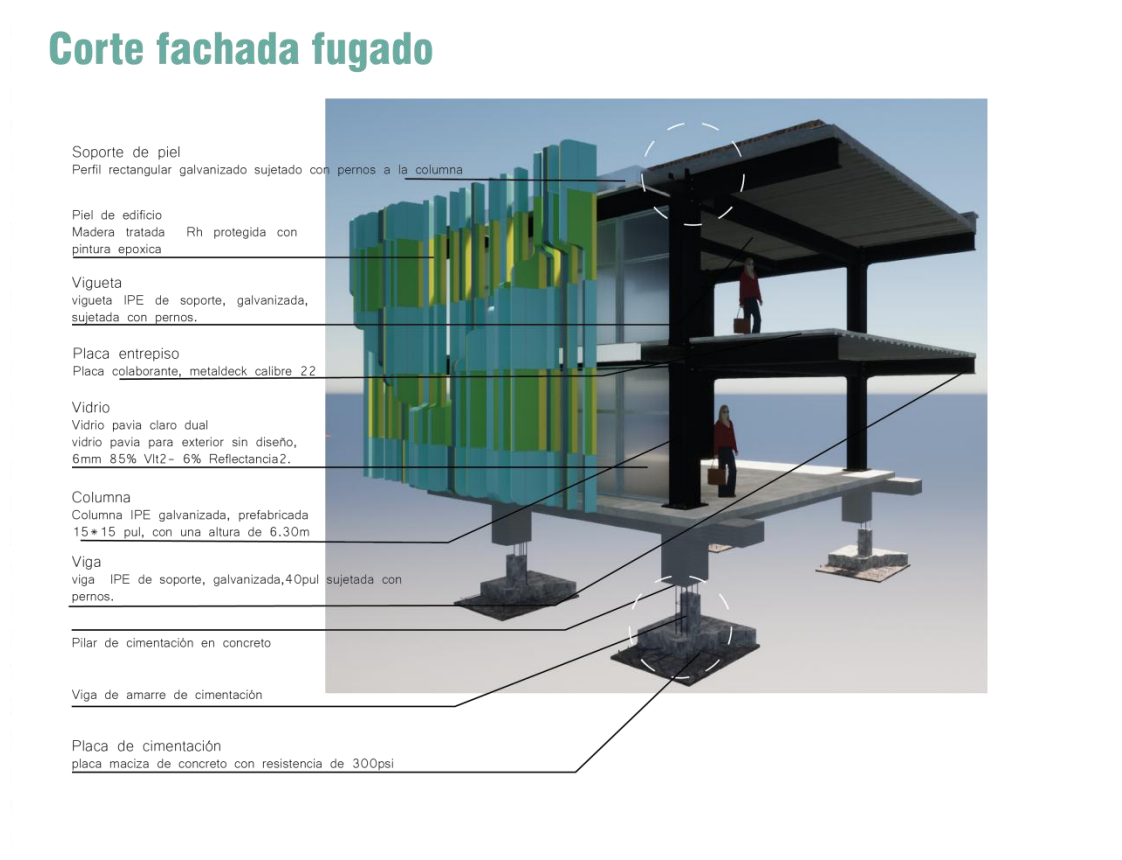
Nota: Estructura metálica para el colegio y placa colaborante en concreto con malla electro soldada y lámina metálica.

Elaboración Propia.

Figura 93

Unión perfiles metálicos

Nota: Unión perfiles metálicos y pernos a utilizar en la estructura para su construcción en sitio. Elaboración Propia.

Figura 94*Corte Fachada Colegio El Carmen*

Nota: Corte fachada de las zonas del colegio donde se adosa la piel a la estructura metálica por medio de pernos. Elaboración Propia.

Como se aprecia en los renders del proyecto (Ver figura 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103 104 y 105), se plantea un sistema de piel que permite direccionar la luz solar al interior de los salones en todo el proyecto como también en biblioteca y el auditorio, se plantean zonas verdes alrededor del proyecto y una gran zona dura en el centro para el Patio Central destinado para el uso en izadas de banderas y demás eventos escolares donde se necesita la reunión de todo el plantel educativo (Ver

Figuras 95, 96, 97, 98 y 99). También se puede observar como en la entradas se utilizan los contenedores adaptados para funciona como porterías y así articular la entrada occidental y la entrada oriental, además el contenedor también será usado para generar biciparqueaderos cubiertos donde los estudiantes y docentes puedan guardar las bicicletas protegidas de las inclemencias del clima de la ciudad (*Ver figura 100*); adicionalmente se puede apreciar la circulación en el área de secundaria en primer y segundo nivel, contando dichas áreas con una zona verde y áreas de esparcimiento para los estudiantes así como también puntos de recarga de celulares con paneles solares dispuestos en la zona (*Ver figuras 101 y 102*).

Las aulas de preescolar al estar diseñadas con contenedores tendrán una manejo diferente respecto a las demás aulas del colegio, sin embargo se plantea una zona rodeada de zonas verdes y al interior del bloque de preescolar se contará con pérgolas de madera y cubiertas verdes que ayudaran a mitigar los cambios de temperatura bruscos al interior de los salones, adicionalmente la circulación en esta área tendrá dispuesto zonas de sombra al igual que espacios de área de descanso entre cada aula de tal forma que se proporcionan espacios adecuados para el esparcimiento y el estudio de los niños (*Ver figuras 103, 104 y 105*).

Figura 95

Render Colegio Con Contenedores El Carmen Vista Nororiental



Nota: Render colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen vista desde el Nororiente con vista general de todo el plantel educativo. Elaboración Propia.

Figura 96

Render colegio con contenedores El Carmen vista nororiental



Nota: Render colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen vista desde el Noroccidente con vista general de todo el plantel educativo. Elaboración Propia.

Figura 97

Render colegio con contenedores El Carmen secundaria y media



Nota: Render colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen área de Secundaria y Media, con vista del patio y zona verde. Elaboración Propia.

Figura 98

Render colegio con contenedores patio central



Nota: Render Colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen área del patio central con zona de hizada de bandera y canchas deportivas. Elaboración Propia.

Figura 99

Render colegio con contenedores patio central vista hacia primaria



Nota: Render colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen, área del patio central con vista hacia primaria y a la rampa en la zona central. Elaboración Propia.

Figura 100

Render colegio con contenedores entrada occidental



Nota: Render colegio con contenedores en el Plan Parcial N° 2 El Carmen entrada occidental, con zona de biciparqueaderos y paraderos de buses, todo el espacio diseñado con contenedores marítimos. Elaboración Propia.

Figura 101

Render circulación primer nivel área de secundaria y media



Nota: Render colegio circulación interna por los pasillos del primer nivel del área de secundaria y media, con áreas de zona verde, puntos para recargar el celular con paneles solares y mobiliario urbano. Elaboración Propia.

Figura 102

Render circulación Interna segundo piso secundaria y media



Nota: Render circulación interna por los pasillos del segundo nivel del área de secundaria y media con vista desde el segundo nivel al área de circulación y zona verde del primer nivel. Elaboración Propia.

Figura 103

Render aula de preescolar con contenedores



Nota: Render interior de un aula de preescolar construida utilizando contenedores marítimos, en esta se puede ver el acondicionamiento al interior de las aulas y el mobiliario de dicho espacio. Elaboración Propia.

Figura 104

Render Aula Preescolar con contenedores área libre



Nota: Render aulas de preescolar utilizando contenedores y el área libre entre cada contenedor para juegos y esparcimiento. Elaboración Propia.

Figura 105

Render circulación zona de preescolar



Nota: Render circulación en la zona de preescolar, con las pérgolas para protección contra el sol y paso de luz solar indirecta.

Elaboración Propia.

Aplicación de la NSR 10 títulos J y K en el Proyecto

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR10] (2010), en sus títulos J y K, el colegio se diseñó atendiendo a los requerimientos especificados por la norma. Primero que todo, con respecto al título J, se tuvo en cuenta el artículo J.2.3 – Requisitos de acceso a la edificación, para esto se cuenta con dos grandes accesos por oriente y occidente por el cual pueden ingresar los bomberos en caso de incendio, se tendrá además hidrantes que según el artículo J.2.4.1 tienen que ser de color verde los cuales poseen caudales mayores a 63 L/s; el área de cobertura del hidrante en este caso debe ser de 1000 m², estarán situados en ambas entradas para dar cumplimiento con el artículo J.2.4.5. Para prevenir la propagación del fuego se ha cumplido con el artículo J.2.5.1 dejando zonas donde se tendrá muros de mampostería para que sirvan como muros cortafuegos. Y para aquellas zonas donde el área sea superior a los 1000 m² se contará con los sistemas

de extinción de fuegos como lo son: extinguidores, rociadores y gabinetes. Para la materialidad al interior de la institución se ha tenido en cuenta las tablas J.2.5-2; J.2.5-3 y J.2.5-4, en las cuales se señala que para edificios institucionales tipo (I-3), es decir colegios, para los medios de salida normal y corredores, se debe utilizar materiales de categoría 1 que deben ser resistentes al fuego y su índice de propagación de la llama está ubicado entre 0 y 25. Para los espacios con áreas menores a los 170 m² los materiales deben ser de categoría 2 los cuales tienen un índice de propagación de llama entre 26 y 75 y por último los espacios con áreas mayores a 170 m² deben utilizar materiales hasta la categoría 3, con un índice de propagación de 76 a 225.

Ahora bien con respecto al título K para dar cumplimiento con la norma se siguió con lo estipulado en la misma al momento de diseñar el colegio El Carmen; primero que todo las instituciones educativas según el artículo K.2.6 donde se estipula los grupos y subgrupos de ocupación, corresponden al grupo I: institucional y al subgrupo I – 3 Institucional de educación. Teniendo en cuenta esta categorización se procedió a dar cumplimiento a la norma en el diseño del colegio; los accesos y la circulación dentro del proyecto tienen en cuenta los requerimientos mencionados en el artículo K.3.2.3 el cual habla sobre la localización y mantenimiento. Además se tienen previstas las alarmas dentro de las instalaciones eléctricas para dar cumplimiento con el artículo K.3.2.5. También se cuenta con rampas y elevadores para personas en situaciones de discapacidad dando cumplimiento al artículo K.3.2.7.

Siguiendo las indicaciones del Colegio 10 y la NSR-10 título K las aulas escolares diseñadas cumplen con el requisito del área neta de piso por m² de 2 m² por persona. Cumpliendo así con el índice de ocupación referido en la tabla K.3.3-1. Así mismo se da cumplimiento con la tabla K.3.3-2 donde se especifica los índices de ancho de salida por persona con: corredores, puertas y salidas de 13 mm y escaleras de 15 mm.

Con respecto a la tabla K.3.4-1 donde se especifica la cantidad mínima de salidas necesarias según la cantidad de personas, como el colegio está proyectado para una ocupación de 1001 o más personas se requieren como mínimo 4 salidas. Para dar cumplimiento con dicha norma, se proyectaron dos salidas principales de uso continuo, las cuales corresponden a la entrada occidental y a la entrada oriental, y adicionalmente dos salidas para uso en emergencia, una por el parqueadero que se ubica en el costado occidental del colegio y la otra por la parte contigua al parque por la cara oriental del proyecto.

Con respecto a las redes contra incendios se tiene diseñado los rociadores en las zonas exigidas por la norma, al igual que en los corredores que lo requieren, como es el caso de la zona de secundaria y media, dando cumplimiento así a la tabla K.3.6-1 que establece la necesidad del sistema de red contra incendios con respecto a la distancia de recorrida hasta la salida. Para distancias de hasta 45 m no es necesario construir sistemas de rociadores y para distancias mayores de 65 m se debe implementar el sistema de rociadores.

Dando cumplimiento al artículo K.3.9 se diseñó el sistema de iluminación de corredores, escaleras y recorridos con luces de emergencia y planta eléctrica de respaldo en casos de emergencias. Adicionalmente se realiza el diseño del colegio dando cumplimiento al artículo K.3.14.3 los cuales corresponden a aquellos requisitos específicos para instituciones educativas, es decir, del subgrupo de ocupación (I – 3).

Costos y Presupuesto Colegio El Carmen

Para realizar este proyecto se tuvo en cuenta los costos de llevar a cabo este colegio en el plan parcial para conocer así la viabilidad de construir un colegio utilizando contenedores marítimos que

además de hacer posible la construcción de un proyecto sostenible, permita reducir costos con respecto a aquellas instituciones que se construyen con los sistemas tradicionales a lo largo y ancho del país; a continuación se puede ver la tabla resumen el presupuesto del Colegio El Carmen y el estudio de prefactibilidad.

Tabla 9

Costo y Presupuesto Colegio El Carmen Construido

ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES	
1,1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	\$ 25.135.240
1,2	DESCAPOTES, EXCAVACIONES Y CONFORMACIONES	\$ 196.118.394
1,3	DEMOLICIONES Y CORTES	\$ 3.151.580
	TOTAL PRELIMINARES	\$ 224.405.214
2	BASES, CIMENTACIONES, CONCRETOS Y REFUERZOS	
2,1	BASES	\$ 242.726.528
2,2	CIMIENTOS	\$ 977.946.790
2,3	ESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO Y METALICA	\$ 3.382.241.278
2,4	NO ESTRUCTURALES	\$ 42.877.051
2,5	ACERO Y DEMAS ELEMENTOS DE REFUERZO	\$ 66.256.127
	TOTAL BASES, CIMENTACIONES, CONCRETOS Y REFUERZOS	\$ 4.712.047.774
3	MAMPOSTERIA	
	TOTAL MAMPOSTERÍA	\$ 29.435.360
4	INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS Y GAS	
4,1	RED HIDRAULICA	\$ 76.724.781
4,2	RED SANITARIA	\$ 105.509.398
4,3	RED AGUAS LLUVIAS	\$ 84.323.540
4,4	RED CONTRAINCENDIO	\$ 176.580.000
4,5	RED NEUMÁTICA	\$ 13.516.838
	TOTAL INSTALACIONES HIDRAULICAS	\$ 456.654.557

5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
5,1	SALIDAS ELÉCTRICAS	\$ 264.785.935
5,2	CANALIZACIONES	\$ 13.302.786
5,3	TABLEROS Y MEDIDORES	\$ 8.047.452
5,4	INTERRUPTORES ENCHUFABLES	\$ 12.374.651
5,5	INTERRUPTORES INDUSTRIALES	\$ 63.338.460
5,6	LUMINARIAS ESPECIALES	\$ 29.348.589
5,7	ACOMETIDAS, CABLES Y DUCTOS	\$ 487.996.621
5,8	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	\$ 368.004
5,9	EQUIPOS ESPECIALES	\$ 108.693
5,10	CANALIZACIONES Y EXTERIORES	\$ 9.529.185
5,11	TRÁMITES Y OTRAS ACTIVIDADES	\$ 6.731.842
5,12	SUBESTACIÓN Y REDES EXTERNAS	\$ 203.174.436
	TOTAL INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 1.099.106.654
7	PAÑETES - RESANES	
	TOTAL PAÑETES - RESANES	\$ 6.271.976
8	CUBIERTAS Y ESTRUCTURA	
8,1	CUBIERTA	\$ 542.626.854
8,2	PERFILES ESTRUCTURALES	\$ 66.494.885
	TOTAL CUBIERTAS Y ESTRUCTURA	\$ 609.121.739
9	CIELO RASOS	
	TOTAL CIELO RASOS	\$ 140.675.806
10	ACABADOS PISO	
10,1	ALISTADOS Y PISOS	\$ 90.875.105
10,2	CERAMICAS	\$ 406.622.831
	TOTAL ACABADO PISOS	\$ 497.497.936
11	ENCHAPES Y ACCESORIOS	
11,1	POYO Y ACABADOS PARED	\$ 101.763.252
11,2	MESONES	\$ 23.098.907
11,3	INCRUSTACIONES	\$ 2.254.241
11,4	ACCESORIOS	\$ 29.960.080
11,5	VIDRIOS Y ESPEJOS	\$ 24.274.588
	TOTAL ENCHAPES Y ACCESORIOS	\$ 181.351.068
12	APARATOS SANITARIOS	

12,1	SANITARIOS	\$ 74.328.746
12,2	LAVAMANOS	\$ 21.829.203
12,3	GRIFERIA LAVAMANOS-DUCHA-POCETAS	\$ 11.538.498
0	TOTAL APARATOS SANITARIOS	\$ 107.696.447
13	CARPINTERIAS EN MADERA	
	TOTAL CARPINTERIAS EN MADERA	\$ 14.940.000
14	CARPINTERIAS METALICA Y CABINAS SANITARIAS	
14,1	PUERTAS Y VENTANAS	\$ 78.361.229
14,2	BARANDAS Y ESCALERAS	\$ 46.744.492
14,3	CABINAS SANITARIAS	\$ 21.901.932
0	TOTAL CARPINTERIAS METALICA Y CABINAS SANITARIAS	\$ 147.007.653
15	CERRAJERIA	
	TOTAL CERRAJERÍA	\$ 10.154.842
16	PINTURA E IMPERMEABILIZACION	
	TOTAL PINTURA	\$ 151.067.905
17	OBRAS EXTERIORES	
0	TOTAL OBRAS EXTERIORES	\$ 56.687.947
18	SEÑALIZACIÓN	
0	TOTAL SEÑALIZACIÓN	\$ 911.400
19	EQUIPOS ESPECIALES	
19.1	Suministro e instalación de contenedores de L= 9 m, A=2,50 m y H= 2,30 m, incluye transporte, izaje, grua y ubicación.	\$ 124.500.000
19.2	Suministro e instalación de contenedores de L= 6 m, A=2,50 m y H= 2,30 m, incluye transporte, izaje, grua y ubicación.	\$ 162.750.000
	TOTAL EQUIPOS ESPECIALES	\$ 287.250.000
20	ASEO GENERAL	
	TOTAL ASEO	\$ 4.012.009
	VALOR TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 8.736.296.287

ADMINISTRACION 15%	\$ 1.310.444.443
IMPREVISTOS 5%	\$ 436.814.814
UTILIDAD 5%	\$ 436.814.814
IVA S/UTILIDAD 19%	\$ 82.994.815
VALOR COSTO DEL PROYECTO	\$ 11.003.365.173

Nota: Tabla del costo y presupuesto de realizar un colegio con contenedores marítimos como elemento no estructural, utilizando estructura metálica; en el ítem 19.1 el costo unitario de un contenedor es de \$12.450.000 COP y se utilizaron 10 contenedores, en el ítem 19.2 el costo unitario de un contenedor es de \$10.850.000 COP y se utilizaron 15 contenedores.

Elaboración Propia.

Tabla 10

Estudio de prefactibilidad del proyecto

C U A D R O R E S U M E N T O T A L		
AREA TOTAL (M2)	25.813,28	
	Costos	Porcentaje Incidencia en Costo del Proyecto
TOTAL LOTE URBANIZADO	\$ 6.500.000.000,00	35,05%
TOTAL CONSTRUCCION	\$ 11.003.365.173,48	59,33%
TOTAL IMPUESTOS	\$ 34.860.000,00	0,19%
TOTAL HONORARIOS	\$ 909.860.700,00	4,91%
VALLA CURADURIA URBANA:	\$ 4.650.000,00	0,03%
GERENCIA DEL PROYECTO	\$ 94.600.000,00	0,51%
TOTAL COSTOS PROYECTO	\$18.547.335.873,48	100,00%

Nota: Cuadro resumen del estudio de prefactibilidad para el proyecto de colegio el Carmen en el plan parcial N° 2 El Carmen en la Localidad de Suba, Bogotá D. C. Elaboración Propia.

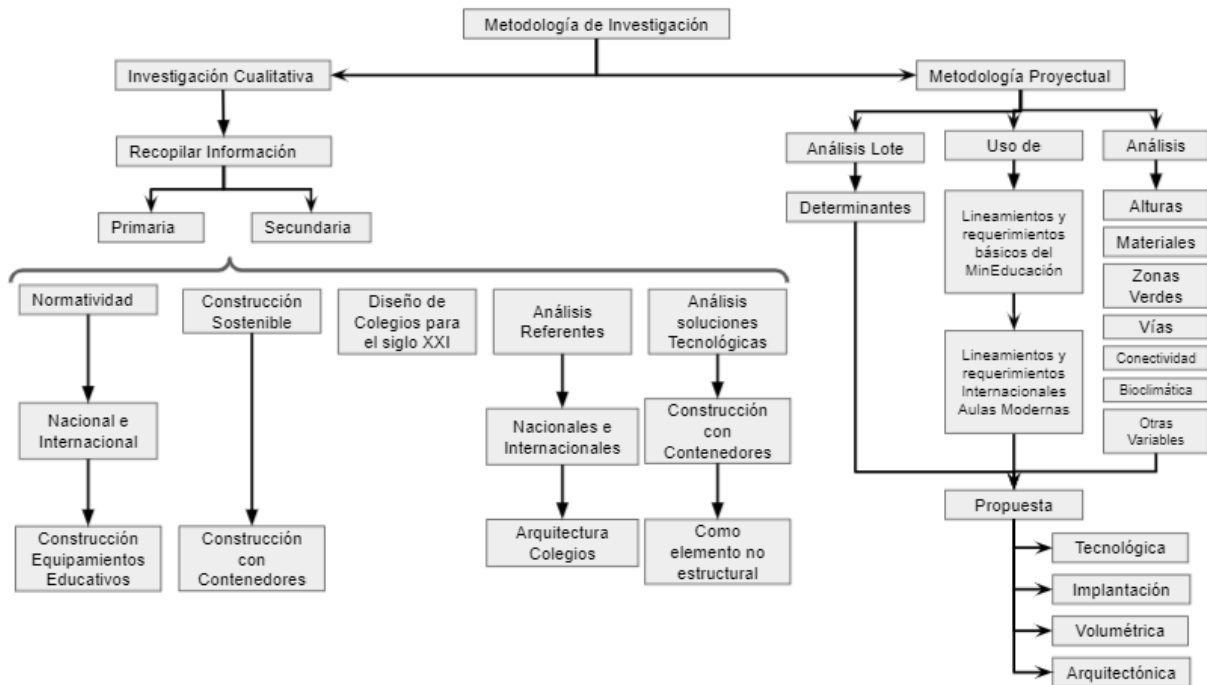
Además para tener un valor más aproximado de cuánto podría llegar a costar un proyecto de esta envergadura, se realizó un estudio de prefactibilidad (*Ver tabla 10*), en el cual teniendo en cuenta el

área total del lote, 25.813 m² se encontró que el costo total del proyecto incluido el valor del lote es de aproximadamente \$18.547'335.800 COP.

Aspectos Metodológicos

Figura 106

Metodología



Nota: Gráfico proceso de la metodología de investigación de acuerdo a la investigación cualitativa y la metodología proyectual.

Elaboración Propia.

Este trabajo de investigación tiene como fundamento metodológico para su desarrollo un modelo cualitativo en sus primeras etapas y continúa con una metodología Proyectual. El método cualitativo se realiza de acuerdo a los lineamientos mencionados por la UAEH en el documento realizado por: Álvarez-Gayou, J., Camacho, S., Maldonado, G., Trejo, C., Olguín, A. & Pérez, M. La investigación cualitativa. Además, con respecto a la metodología proyectual se procede a realizarse de acuerdo a lo mencionado por su creador Bruno Munari.

Para cumplir el primer objetivo se realizará una investigación cualitativa donde se recopilará información primaria y secundaria que permita conocer a profundidad varios aspectos relevantes para la investigación: analizar las normativas nacionales e internacionales para el diseño arquitectónico de instituciones educativas y el uso de contenedores dentro de la normativa constructiva del país. Las investigaciones académicas en las que el uso de contenedores marítimos como materiales de construcción permiten: realizar proyectos arquitectónicos sostenibles, reducir costos de construcción, generar o producir aulas educativas e instituciones educativas, construcción sostenible, efectos de su uso en la sustentabilidad, formas y método de reciclar, reutilizar y usar contenedores en la construcción. Y las Investigaciones tecnológicas para el uso de contenedores en la construcción, como anclajes, pernos, soldadura, etc.

Para cumplir con el segundo objetivo se procede a realizar una investigación cualitativa sobre sostenibilidad y sustentabilidad en la construcción y el diseño arquitectónico utilizando contenedores. Junto con la investigación y análisis de estrategias para generar eficiencia energética, uso del agua, materiales de construcción, calidad de ambiente interior y exterior, en el uso de contenedores como material constructivo y como elemento no estructural. Y adicionalmente, una investigación y análisis de estrategias para acoplar contenedores marítimos como elementos no estructurales dentro de sistemas constructivos tradicionales y que responda a principios de sostenibilidad.

Posteriormente se procede a plantear y proponer, a partir de las estrategias encontradas y analizadas, estrategias tecnológicas para utilizar el contenedor como elemento no estructural junto con los sistemas constructivos tradicionales respetando y garantizando los principios de sostenibilidad deseados en el proyecto arquitectónico.

Además se procede a realizar una investigación cualitativa y de análisis del Plan parcial N° 2 El Carmen, recopilando información sobre la Localidad de Suba, UPZ 17 San José de Bavaria, Plan Parcial N° 2 El Carmen, normativa vigente, Planos, caracterización del barrio y localidad. Se realiza el análisis de determinantes de implantación de acuerdo a la investigación acerca de la Localidad, la UPZ y el Plan Parcial, determinantes del terreno y del lote propuesto para implantar el proyecto arquitectónico, los lineamientos básicos propuestos por el Ministerio de Educación en Materia de diseño y construcción de colegios en Colombia junto con los últimos lineamientos internacionales para aulas y espacios educativos que respondan a las necesidades pedagógicas del siglo XXI.

Posteriormente, utilizando la metodología proyectual y la información analizada se procede a realizar un planteamiento arquitectónico y tecnológico de un colegio que utilice contenedores marítimos como elementos no estructurales junto con sistemas tradicionales de construcción y que sea sostenible.

Conclusiones y Recomendaciones

El uso de contenedores se convierte en una opción viable para la implementación de un sistema constructivo sustentable, económico y rápido en su construcción, por tanto, la construcción de colegios e instituciones educativas se puede realizar de manera eficiente y efectiva, ya que se convierte en un sistema no estructural que permite el diseño de aulas que cumplan con la normativa distrital y los parámetros establecidos por el Ministerio de Educación. En el caso de este proyecto el costo total de construcción es de aproximadamente \$11.003.365.173 COP y el valor total del proyecto desde la compra del lote, construcción y entrega del proyecto es de aproximadamente \$18.547.335.873 COP (*Ver tabla 10*).

Este proyecto permite reducir el déficit de cobertura educativa en la localidad de Suba, que según los datos del Departamento Administrativo Distrital Nacional de Estadística (DANE) es una de las localidades más afectadas por el déficit de cupos estudiantiles, con este equipamiento educativo se puede disminuir la necesidad de más de mil cupos que afronta la localidad pues está diseñado para recibir hasta 1500 estudiantes, con lo cual se espera reducir el déficit de cupos educativos de 7100 a 5600.

Es posible diseñar un colegio utilizando contenedores marítimos como elementos no estructurales junto con sistemas tradicionales, para esto es necesario realizar una planeación efectiva de los tiempos de construcción, tener un plan de obra claro donde se especifique las actividades que se van a realizar in situ y las que se realizarán en taller. Además es recomendable utilizar sistemas estructurales que compartan las propiedades físicas de los contenedores para facilitar su acoplamiento y estabilidad dentro del edificio como un conjunto, en este caso fue muy efectivo el uso de la soldadura y pernos para la unión entre contenedores y al sistema estructural.

Uno de los aspectos más importantes y demandantes al momento de diseñar un proyecto con contenedores, es la coordinación con las instalaciones eléctricas, sanitarias, de agua potable y recolección de aguas lluvias. Ya que cada una de estas debe cumplir con la normativa vigente del país, al tiempo que se requiere establecer una coordinación entre todas ellas. En el caso del proyecto se requieren aproximadamente \$76'725.000 COP para la red hidráulica, \$105.510.000 COP para la red sanitaria, \$84.325.000 COP para la red contra incendios y \$1.100'000.000 COP para la red eléctrica (Ver *tabla 9*).

Los contenedores marítimos pueden ser utilizados para crear todo tipo de espacios, y su versatilidad a la hora de reutilizarlos les agrega un gran valor como material de construcción, los tiempos de construcción se reducen y además al utilizarlos junto con sistemas tradicionales, permiten crear espacios dinámicos y novedosos con una materialidad diferente pero igualmente atractiva para el usuario. En el caso del proyecto fue posible utilizarlos para crear aulas para preescolar, baños, cuartos de aseo, enfermería, porterías, biciparqueaderos, y salas de estudio autónomo en la biblioteca.

El aislamiento térmico y acústico se vuelve muy importante a la hora de trabajar con contenedores marítimos como elemento de construcción; tanto en la visita de obra como en los análisis de materiales y del comportamiento de los diferentes aislamientos ecológicos, se evidenció la necesidad de acondicionar de manera adecuada los contenedores para que el confort interno sea óptimo para el usuario; sin embargo, el tipo de uso permite una flexibilidad a la hora de acondicionarlos, dicho esto en el caso del proyecto del colegio, como se buscó crear un proyecto sostenible, se optó por implementar los materiales ecológicos que respondieran de mejor manera a la captación y almacenamiento de calor dentro de las aulas y espacios diseñados con contenedores. En el aislamiento del colegio se optó por la fibra de madera ya que presentaba un valor U de $0,901 \text{ m}^2/\text{Kw}$, un valor R de $1,100 \text{ m}^2\text{K/W}$, generaba

una temperatura interna de 17°C y una temperatura externa de $5,5^{\circ}\text{C}$, una pérdida de calor de $70\text{KWH}/\text{m}^2$ y tenía un potencial de calentamiento global de $9,6\text{ KgCO}_2/\text{m}^2$ (*Ver tabla 7*) lo que lo hacía la mejor opción frente a los otros materiales analizados, los cuales fueron comparados contra la espuma in situ, que tenía un potencial de calentamiento global de $18\text{ KgCO}_2/\text{m}^2$.

Para crear un proyecto sostenible es necesario tener en cuenta el gasto energético del edificio o vivienda, en el caso de este proyecto se realizó una correlación entre la cantidad de energía de un colegio de Bogotá para 420 estudiantes y se realizó el cálculo para un colegio con mayor capacidad para así estimar el uso energético, basado en estos resultados se concluyó que el proyecto puede estar consumiendo $16.442,86$ kilovatios mensuales y tomando los datos de Horas sol pico en Bogotá, 4 HSP (*Ver figura 21 y 22*), se encontró la potencia total de placas solares que es de $49.328,58\text{ watt}$ y con esta información, se realizó la ecuación para hallar la cantidad de paneles solares necesarios para suplir el consumo energético del colegio, tomando paneles solares con potencia de 320 watt se encontró que se necesitaban 155 paneles aproximadamente, los cuales se instalaron en el área de secundaria para mejor aprovechamiento de la radiación solar anual de la ciudad.

Lista de Referencia

Amarilo. (2019, 05 de agosto). Arquitectura en Contenedores. *Tendencias*.

<https://amarilo.com.co/blog/tendencias/arquitectura-en-contenedores/>

Alonso, J. (s.f.). ¿Cuántas Placas Solares necesito para una Casa? Sunfields Europe. [https://www.sfe-](https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/instaladores/cuantas-necesito-casa/)

[solar.com/paneles-solares/instaladores/cuantas-necesito-casa/](https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/instaladores/cuantas-necesito-casa/)

ArchDaily. (2019, 18 de septiembre) Colegio Distrital Rogelio Salmona. ArchDaily Colombia.

<https://www.archdaily.co/co/924916/colegio-distrital-rogelio-salmona-fp-arquitectura>

Arquitectura en Acero. (s.f.). Conexiones en acero... ¿Apernadas o Soldadas?

[http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-](http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-en-aceroapernadas-o-soldadas)

[constructivas/conexiones-en-aceroapernadas-o-soldadas](http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-en-aceroapernadas-o-soldadas)

Ataei, M. (2019). Design Of A Two Story Iso Shipping Container Building [Archivo PDF]. Ryerson

University. Toronto. Canadá.

[https://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A8647/datastream/OBJ/download/D](https://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A8647/datastream/OBJ/download/Design_of_a_Two_Story_ISO_Shipping_Container_Building.pdf)
[esign_of_a_Two_Story_ISO_Shipping_Container_Building.pdf](https://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A8647/datastream/OBJ/download/Design_of_a_Two_Story_ISO_Shipping_Container_Building.pdf)

Baño, A., Vigil-Escalera, A. (2005). *Guía de construcción sostenible* [Archivo PDF]. España: Ministerio de

Medio Ambiente e Instituto sindical de trabajo, ambiente y salud.

<http://istas.net/descargas/CCConsSost.pdf>

Bayona, H. (2016). Efectos de la infraestructura sobre el fracaso escolar: evidencia empírica para

Colombia. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 7 (2), 19-40.

<http://dx.doi.org/10.18175/VyS7.2.2016.03>

Chiappe, M. (1999). La política de vivienda de interés social en Colombia en los noventa. financiamiento del desarrollo [Archivo PDF]. Serie 80. Santiago de Chile. Naciones Unidas.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5287/1/S995336_es.pdf

Comisión Asesora Permanente [CAP], noviembre 8, 2013. Acta N° 118. (Colombia). Respuestas a Consultas Presentadas a la Comisión [Archivo PDF].

<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Consejo Nacional de Política económica y Social [CONPES 3919] (2018). Departamento Nacional de Planeación Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Colombia Compra Eficiente, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Departamento Administrativo para la Prosperidad Social Financiera de Desarrollo Territorial S.A, Fondo Nacional del Ahorro, Unidad de Planeación Minero Energética. (Colombia). Obtenido el 07 de octubre de 2021.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>

Construction 21 España. (2019, 23 de diciembre). Los principios básicos de la eficiencia energética de los edificios. <https://www.construction21.org/espana/community/pg/pages/view/8478/>

EcoHabitar (2021, agosto). Aislamientos e impermeabilización ecológicos.

<https://ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-ecologicos/>

Eurocódigo 3, 20 de junio, 2012. UNE-EN 1993-1-3:2012. (Unión Europea). Obtenido el 11 de octubre de 2021. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049559>

File:Mapa de Colombia (departamentos).svg . (2021, enero 22). En Wikipedia.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_\(departamentos\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_(departamentos).svg)

Flaticon. (2021, 15 de marzo). Iconos Vectoriales y stickers. <https://www.flaticon.es/>

Fr4 Constructora. (2021, 26 de octubre). Estrategias de construcción sostenible que te ayudarán a potenciar tus proyectos inmobiliarios. *Construcción Sostenible*. <https://fr4.com.do/estrategias-construccion-sostenible-te-ayudaran-potencial-tus-proyectos-inmobiliarios/>

Google. (s.f.). IED Colegio Acacia II [Fotografía]. Recuperado el 15 de marzo de 2021 de

<https://www.google.com/maps/place/IED+Colegio+ACACIA+II/@4.5607879,-74.1420854,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x83d21b87a0d0e1db!8m2!3d4.5607879!4d-74.1420854>

Guía Técnica Colombiana [GTC 223] (2012). Ministerio de Educación Nacional. (Colombia). Obtenido el 11 de Octubre de 2021. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_8.pdf

Ciudadanos (2016, 2 de marzo). Después de nueve años, no hay más aulas contenedor en la provincia de Córdoba. La Voz. <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/despues-de-nueve-anos-no-hay-mas-aulas-contenedor-en-la-provincia-de-cordoba/>

Infraestructura de Datos Espaciales [IDECA]. (2021, noviembre). *Mapas Bogotá*.

<https://mapas.bogota.gov.co/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] & Alcaldía Mayor de Bogotá D. C.

(s.f.). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. IDEAM.

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2021). Atlas de Radiación Solar,

Ultravioleta y Ozono de Colombia. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Levrard, D. & Rivera, J. (2016). Implementación del nuevo modelo pedagógico propuesto por la sed en el

diseño de la institución educativa de escala zonal, para estudiantes de estratos 1 a 4 en el barrio

la florida occidental en Bogotá. [Tesis de Pregrado, Universidad La Gran Colombia].Repositorio

Universidad La Gran Colombia <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3815>

Ley 115/94, febrero 8, 1994. Diario Oficial. [D.O.]: 41214. (Colombia). Obtenido el 11 de octubre de

2021. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

Ley 400/97, agosto 25, 1997. Diario Oficial. [D.O.]: 43113. (Colombia). Obtenido el 11 de octubre de

2021. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0400_1997.html

López, J. (2003). La relevancia de la vivienda social en el origen de la arquitectura contemporánea.

Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, Historia del Arte, t. 16, P (179-197). UNED. Madrid. España.

<https://core.ac.uk/download/pdf/204875395.pdf>

Madkour, M. & El Manzlawy, A. (2018). Shipping Containers as a Modular Component for Green

Economic Buildings [Archivo PDF]. Tanta University. Tanta. Egipto.

https://digital.library.ryerson.ca/islandora/object/RULA%3A8647/datastream/OBJ/download/Design_of_a_Two_Story_ISO_Shipping_Container_Building.pdf

Marsh. (2021). Psychrometric Chart. <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

Ministerio de Educación Nacional. (2015). Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño

arquitectónico del colegio de jornada única. [PDF].

https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_colegio_10.pdf

- Miñan, M. (2012). *Materiales sostenibles en la edificación; Residuos de Construcción y Demolición, hormigón reciclado* [Archivo PDF]. Università Politecnica delle Marche.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17708/TESI-Materiales%20sostenibles%20en%20la%20edificaci%C3%B3n.%20Residuos%20de%20C.pdf?sequence=1>
- Misión de observación Electoral [MOE]. (2018, 15 de febrero). Mapa de Riesgo Bogotá D.C. Fuente MOE.
<https://www.moe.org.co/factores-indicativos-de-fraude/bta/>
- Muñoz, J. (2019, 8 de mayo). ¿Las Construcciones Con Contenedores Están Prohibidas En Colombia? [Archivo PDF]. *Divulgación y Asesoría Jurídica*. Cali. Colombia. <https://munozmontoya.com/las-construcciones-con-contenedores-estan-prohibidas-en-colombia/>
- Norma Técnica Colombiana [NTC 4595] (1999). Instituto Colombiano de Norma Técnicas [ICONTEC], Ministerio de Educación Nacional. (Colombia). Obtenido el 11 de octubre de 2021.
https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894_Archivo_pdf.pdf
- Norma Técnica Colombiana [NTC 6112] (2016). Instituto Colombiano de Norma Técnicas [ICONTEC]. (Colombia). Obtenido el 07 de octubre de 2021. <https://docplayer.es/63353999-Norma-tecnica-colombiana-6112.html>
- Norma Técnica Colombiana [NTC 6199] (2016). Instituto Colombiano de Norma Técnicas [ICONTEC], Ministerio de Educación Nacional. (Colombia). Obtenido el 11 de octubre de 2021.
https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_1.pdf
- Oloto, E. & Adebayo, A. (s.f). *Building With Shipping Containers: A Sustainable Approach To Solving Housing Shortage In Lagos Metropolis* [Archivo PDF]. University of Lagos. Akoka. Nigeria.

<http://innovationinaec2012.pcc.usp.br/PROCEEDINGS/42%20BUILDING%20WITH%20SHIPPING%20CONTAINERS%20A%20SUSTAINABLE%20APPROACH%20TO%20SOLVING%20HOUSING%20SHORTAGE%20IN%20LAGOS%20METROPOLIS.pdf>

Organización Internacional de Estandarización [ISO1496-1/2013] (2013). (Suiza). Obtenido el 11 de octubre de 2021. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/?c=059672>

Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (1993). *Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud – Volumen 4: Aspectos de Ingeniería*. OPS/OMS.

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/publicaciones/m0057s/index.htm>

Ovacen. (2021, 26 de mayo). La arquitectura con Contenedores, Análisis, ventajas y desventajas. *Ovacen Blog*. <https://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/>

Parra, A. (2017). *Uso De Containers Para Aulas Escolares En Establecimientos Educativos De Bogotá* [Tesis de Posgrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Universidad Católica de Colombia

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15091/1/USO%20DE%20CONTAINERS%20PARA%20AULAS%20ESCOLARES%20EN%20ESTABLECIMIENTOS%20EDUCATIVOS%20DE%20BOGOTA-ADRIANA%20PARRA%2019-10-17.pdf>

Pérez, Á. (2016, 28 de julio). Colegios en mal estado frenan la educación en Colombia. *Semana*. <https://www.semana.com/opinion/columnistas/articulo/colegios-en-mal-estado-frenan-la-educacion-por-angel-perez/226227/>

Plan Nacional de Infraestructura [PNIE 2015-2018]. (2016). Fondo De Financiamiento De La

Infraestructura Educativa [FFIE]. obtenido el 11 de octubre de 2021.

https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356180_recurso_11.pdf

Poveda, M. (2017). *Comparación De Tiempo De Ejecución Y Presupuesto De La Obra En Los Sistemas*

Constructivos Entre Una Vivienda De Interés Social (Vis) Y Vivienda En Contenedores Marítimos

Habitables [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Universidad

Católica de Colombia

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15485/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20ENTREGA%20BIBLIOTECA.pdf>

Ralf Plag. (2021). Ubakus. [software de computador] Ralf Plag. <https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/>

Ramírez, L. (2021, 26 de agosto). ¿Cómo es el clima durante el año en Bogotá y cuáles son los meses de

verano? *Mi Ciudad*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/como-es-el-clima-en-bogota-cuando-es-invierno-y-verano-fotos>

Redacción de El País. (2019, 24 de mayo). Autoridades no le otorgarán licencia a obras hechas con

contenedores. El País. <https://www.elpais.com.co/california/autoridades-no-le-otorgaran-licencia-a-obras-hechas-con-contenedores.html>

Redacción El Tiempo. (2015, 04 de mayo). Así funciona el primer colegio con paneles solares de Bogotá.

El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15688576>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR10] (2010). Comisión Asesora

Permanente Para El Régimen De Construcciones Sismo Resistentes, Ministerio de Ambiente,

Vivienda y Desarrollo Territorial, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS]. (Colombia).

Obtenida el 11 de Octubre de 2021.

http://www.andi.com.co/Uploads/Reglamento_colombiano_construccion_sismo_resistente_636536179523160220.pdf

Rehau. (2021, noviembre). Temperatura ideal de una casa. <https://www.rehau.com/es-es/temperatura-ideal-casa>

Resolución 549/15, julio 10, 2015. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (Colombia). Obtenido el 07 de Octubre de 2021. <http://ismd.com.co/wp-content/uploads/2017/03/Resoluci%C3%B3n-549-de-2015.pdf>

Romero, A. (2019, 04 de febrero). Los mejores sellos de calidad y eficiencia energética para viviendas en España. *Arrevol*. <https://www.arrevol.com/blog/los-mejores-sellos-de-calidad-y-eficiencia-energetica-para-viviendas-en-espana>

Salazar, S. (2019). La Ciudad en el Tiempo. El patrimonio Construido de Bogotá. Instituto Distrital Patrimonio Cultural [Archivo PDF]. Bogotá. Colombia.
<https://idpc.gov.co/publicaciones/producto/la-ciudad-en-el-tiempo-el-patrimonio-construido-de-bogota/>

Sánchez, B. (2017). *Arquitectura low cost: construcciones de emergencia y nuevas ciudades con contenedores marítimos*. [Trabajo de Grado ,Universidad de Valladolid]. Repositorio Institucional. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26587>

Secretaria Distrital de Planeación [SDP] (2021). El Carmen N°2 – Lagos de Torca. (Colombia).
<http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/planes-parciales-de-desarrollo/planes/carmen-no-2-lagos-de-torca>

Secretaria de Educación del Distrito [SED] (2020). Caracterización del sector educativo 2019 -2020. Alcaldía Mayor de Bogotá. (Colombia).

https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/2021-03/Informe_11_Suba.pdf

Semana. (2018, 20 de febrero). La apuesta por los megacolegios no solucionaría el problema de la educación. *Semana*. <https://www.semana.com/educacion/articulo/los-megacolegios-que-se-quieren-construir-en-colombia/557693/>

ShelterMode. (2018, 18, 10). *How-To Connect and Seal 2 Shipping Containers Joined Together to form a House*. [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=GUjK_U6D75U.

Silva, O. (2020). Elementos no estructurales en las edificaciones ante un sismo: ¿qué y cómo? 360 en Concreto. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elementos-no-estructurales-edificaciones-ante-sismo>

Susunaga, J.M. (2014). *Construcción Sostenible, Una Alternativa Para La Edificación De Viviendas De Interés Social Y Prioritario* [Tesis de Postgrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/jspui/bitstream/10983/1727/1/CONSTRUCCI%C3%93N%20SOSTENIBLE,%20UNA%20ALTERNATIVA%20PARA%20LA%20EDIFICACI%C3%93N%20DE%20VIVIENDAS%20DE%20INTERES%20SOCIAL%20Y%20PRIORITARIO.pdf>

TecLogistic. (2021, mayo). Contenedores.
<https://www.teclogistic.com/contenedores/#:~:text=Un%20contenedor%20o%20container%20es,fluviales%20terrestres%20y%20Fo%20a%C3%A9reas.&text=Esta%20regulaci%C3%B3n%20tambi%C3%A9n%20facilita%20la,carga%20de%20buques%20y%20camiones>.

UPB Sostenible. (2020, 02 de marzo). Construcción sostenible en Colombia: cuestión de equilibrio y conciencia. Universidad Pontificia Bolivariana. [https://www.upb.edu.co/es/central-](https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/construccion-sostenible-en-colombia)

[blogs/sostenibilidad/construccion-sostenible-en-colombia](https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/construccion-sostenible-en-colombia)

Uribe, C. (2012). *Materiales y Prácticas De Construcción Sostenible* [Tesis de Pregrado, Universidad EAFIT]. Repositorio Universidad EAFIT.

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5594/Carolina_UrbeVelez_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villaveces, J. (2007). La evolución de la política de vivienda en Colombia. Universidad, Ciencia y desarrollo [Archivo PDF]. Tomo II. fascículo 11. Universidad del Rosario. Bogotá. Colombia.

<https://www.urosario.edu.co/Universidad-Ciencia-Desarrollo/ur/Fasciculos-Anteriores/Tomo-II-2007/Fasciculo-11/ur/La-evolucion-de-la-politica-de-vivienda-en-Colom/>

Zhovkva, O. (2020). Los principios de eficiencia energética y respeto al medio ambiente para complejos multifuncionales. *Revista ingeniería de construcción*, 35(3), 308-320.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000300308>

Anexos

1. Panel
2. Portafolio