

Reconversión de las Aulas Educativas Ford:

MEJORAMIENTO DEL CONFORT TÉRMICO CON TÉCNICAS
BIOCLIMÁTICAS EN SAN LUIS POTOSÍ

ARQ. GIOVANNA ODAÍ BORJAS MATA

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL HÁBITAT | Administración de la Construcción y
Gerencia de Proyectos



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE SAN LUIS
POTOSÍ
FACULTAD DEL HÁBITAT
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN Y
POSGRADO



**Reconversión de las aulas
educativas Ford:
Mejoramiento del confort
térmico con técnicas
bioclimáticas en San Luis
Potosí**

Alumna:

**Arq. Giovanna
Odaí Borjas Mata**

**Maestría en
Ciencias del
Hábitat**

**Línea:
Administración de
la Construcción y
Gerencia de
Proyectos**

**Director de Tesis:
Dr. Gerardo Javier Arista
González
Sinodales:
Mtro. Jorge Aguillón Robles
Dra. Alma María Cataño
Barrera**

Junio 2025

Para mi

Reconversión de las aulas educativas Ford:
Mejoramiento del confort térmico con técnicas bioclimáticas en
San Luis Potosí © 2023 por Giovanna Odaí Borjas Mata tiene
licencia CC BY-NC-ND 4.0. Para ver una copia de esta licencia,
visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Para la realización de
esta tesis se contó con
el apoyo CONAHCYT
N° 1194081

DEDICATORIA

A mis favoritos por
enseñarme a no
conformarme, a querer
siempre un poco más.

AGRADECIMIENTOS

Gracias Mami y Papi. El amor que tengo por ustedes es Infinito.

Agradezco a mi asesor el Dr. Gerardo Javier Arista González, por la gran fortaleza otorgada, la paciencia y el entusiasmo con mi tema.

A mis abuelitos, mi más grande fuente de inspiración.

Quiero dar gracias a Citlalli, Maia, Liam y Francisco por ser mis mejores animadores ¡gracias por estar conmigo! Gracias a ti.

A todos los Directores, Profesores y Alumnos de las diferentes Escuelas Primarias en San Luis Potosí, que participaron en este proyecto.

A cada uno de los profesores y compañeros de la Facultad del Hábitat, de SEGE, de IEIFE y de FORD que me apoyaron con palabras e información.

Gracias CONAHCYT

RECONOCIMIENTOS

En este trabajo quiero reconocer a la Facultad del Hábitat de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en especial al Departamento de Investigación de Posgrado y al Cuerpo Académico de la maestría, que guió este proyecto.

Al Mtro. Jorge Aguillón Robles, por permitirme desarrollar los datos climatológicos de San Luis Potosí en este trabajo, así como la gran asesoría para la interpretación de estos.

A la Dra. Alma María Cataño Barrera que permitió y revisó el desarrollo de la investigación.

A la Mtra. Ana Ma. Delgadillo Silva que desde un inicio revisó, encauzó, corrigió y dió el enfoque necesario a esta investigación.

También quiero reconocer el gran trabajo de mis compañeros, que con sus investigaciones motivaron y apoyaron la mía.

Y un gran reconocimiento para la Fundación Ford que, junto con la SEGE en San Luis Potosí, hacen un gran trabajo en la educación de los niños y niñas.

Resumen

Las aulas educativas deben ser adecuadas, confortables y seguras, dedicadas al aprendizaje y desarrollo del conocimiento, permitiendo que sea recíproco para alumnos y docentes. El sistema constructivo de estos espacios tiene como prioridad la seguridad y no las premisas del confort, generando escenarios de estrés térmico durante la jornada escolar, con síntomas como agotamiento, cansancio o somnolencia, principalmente en la temporada de primavera-verano, donde se registran las temperaturas más altas del año, así como niveles altos de concentración de dióxido de carbono. Con apoyo de la Metodología del Marco Lógico, el proyecto profesionalizante está orientado a la intervención de problemáticas específicas, se estudian 3 Escuelas creadas por la Empresa Ford en el Estado de San Luis Potosí con la premisa del Confort Térmico como interrogante, participando 4 valores: Temperatura, Humedad relativa, Velocidad del viento y Concentración de CO₂ y Radiación solar, buscando mantener las aulas con una alta calidad de habitabilidad. Este proyecto se apoya en la investigación documentada, la recopilación y análisis de datos físicos, y la gestión de una propuesta de solución al problema detectado mediante programas de apoyo para la simulación, realizando un análisis de técnicas bioclimáticas, que permitan mejorar el confort térmico al interior del aula.

Palabras Clave: **Confort Térmico, Escuelas Ford, Técnicas Bioclimáticas, Marco Lógico, Simulación**

A. Índice General

Introducción	18
Escuelas Primarias Ford en San Luis Potosí.....	22
Río Verde.....	31
San Luis Potosí.....	37
Villa de Zaragoza.....	42
Levantamiento de encuestas y entrevistas	47
Capítulo 1 Planteamiento del objeto de estudio	55
Análisis de participación y Factores del Confort Térmico	56
Esquema de involucrados.....	59
Identificación del problema	60
Análisis de problemas.....	61
Desarrollo social	65
Recursos económicos.....	67
Bienestar Social.....	69
Árbol del problema	70
Planteamiento del problema.....	71
Análisis de objetivos.....	72
Árbol de objetivos.....	73
Análisis de alternativas de solución.....	74
Resumen narrativo.....	77
Capítulo 2 Marco Teórico	79
Espacios Educativos.....	80
INIFED.....	82
IEIFE.....	85
FORD	86
Confort Ambiental.....	88
Confort Térmico	88
Zona de Confort.....	90
Calor	92
Temperatura.....	94
Humedad Relativa.....	95

Reflexividad	96
Velocidad del Viento	96
Concentración de Dióxido de Carbono (CO ₂)	99
Radiación Solar (Asoleamiento).....	100
Vestimenta.....	101
Actividades escolares	101
Disconfort térmico o estrés térmico	102
Técnicas Bioclimáticas	103
Mejoramiento del confort.....	105
Ventajas y Desventajas	107
Investigaciones previas	108
Capítulo 3 Proceso Metodológico	111
Enfoque de Investigación.....	112
Metodología del Marco Lógico	112
Tipo y Nivel de Investigación	114
Modalidad de la investigación	115
Métodos	115
Creación de variables e indicadores	119
Indicadores verificables	124
Instrumentos de medición	126
Población y Muestreo	127
Cronograma de Actividades.....	129
Capítulo 4. Análisis físico y estadístico de las escuelas Ford	131
Estudio Escuelas Ford.....	132
Confort térmico	134
Temperatura.....	137
Humedad Relativa.....	142
Velocidad del viento y Concentración de CO ₂	143
Radiación Solar (Asoleamiento).....	149
Diagramas Bioclimático de Givoni	151
Interés térmico	153
Capítulo 5 Posibles soluciones y Simulación	154

Medios de verificación	155
Problemas detectados	156
Riesgos y supuestos.....	157
Diseño de las Propuestas	158
Simulación de las Propuestas	160
Recomendaciones.....	164
Presupuestos de Inversión las Propuestas	165
Relevancia Social de las Propuestas	166
Matriz del Marco Lógico	167
Plan de Implementación y Equipo de Trabajo	169
Conclusiones.....	170
Referencia Bibliográfica.....	173
Anexos.....	177

B. Índice de Imágenes

Imagen 1. Factores del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia con datos de ASHRAE, 2023	20
Imagen 2. Distribución de Escuelas Primarias tipo Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con imagen de Googlemaps y datos de fordseocupa.com	24
Imagen 3. Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Imagen del autor.	25
Imagen 4. Plano Espacial de Escuela Primaria Ford 176 (sin escala). Fuente: Elaboración propia	25
Imagen 5. Vista en planta de aulas (sin escala). Fuente: Elaboración propia.	26
Imagen 6. Alzado de aulas (sin escala). Fuente: Elaboración propia.	26
Imagen 7. Forma Espacial de Escuela Primaria tipo Ford 196. Fuente: Imagen propia.	27
Imagen 8. Materiales de Aula Tradicional. Fuente: Elaboración Propia.	29
Imagen 9. Materiales de Aula Tipo Ford. Fuente: Elaboración Propia.	30
Imagen 10. Ubicación Río Verde, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.	31
Imagen 11. Escuela Primaria Ford 93, Río Verde. Fuente: Imagen Propia	31
Imagen 12. Escuela Primaria Ford 104, Río Verde. Fuente: Imagen Propia	31
Imagen 13. Plano de ubicación de Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Creación Propia	33
Imagen 14. Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Imagen del autor	33
Imagen 15. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Elaboración propia	34
Imagen 16. Corte Transversal Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Elaboración propia	34
Imagen 17. Imagen de aula de la Escuela Ford 104. Fuente: Imagen del autor	34
Imagen 18. Ubicación San Luis Potosí, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.	37
Imagen 19. Escuela Primaria Ford 67, San Luis Potosí. Fuente: Imagen del autor	37
Imagen 20. Escuela Primaria Ford 177, San Luis Potosí. Fuente: Imagen del autor	37
Imagen 21. Plano de Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia	39
Imagen 22. Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Imagen del autor	39
Imagen 23. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia	40
Imagen 24. Corte Transversal Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia	40
Imagen 25. Imagen de aula de la Escuela Ford 177. Fuente: Imagen del autor	40
Imagen 26. Ubicación Villa de Zaragoza, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.	42
Imagen 27. Escuela Primaria Ford 196, San Luis Potosí. Fuente: Imagen Propia	42
Imagen 28. Plano de Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Elaboración propia	44
Imagen 29. Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Imagen del autor	44
Imagen 30. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Elaboración propia	44
Imagen 31. Corte Longitudinal Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Elaboración propia	44
Imagen 32. Imagen de aula de la Escuela Ford 196. Fuente: Imagen del autor	45
Imagen 33. Dibujo de 1° grado describiendo el salón que le gustaría tener. Fuente: Imagen del autor.	53
Imagen 34. Factores involucrados en el confort térmico del proyecto. Fuente: Elaboración propia	57
Imagen 35. Escuela Ford 51, Vista aérea y fachada principal. Soledad de Graciano Sánchez, Calle 21 de marzo 101, Col. Benito Juárez. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.	62
Imagen 36. Escuela Ford 67, Vista aérea y fachada principal. San Luis Potosí, Obrero Mundial 308, Col. Juan Sarabia. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.	62
Imagen 37. Escuela Ford 93, Vista aérea y fachada principal. Río Verde, Ejercito Nacional 104, Col. San Miguel. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.	63
Imagen 38. Escuela Ford 104, Vista aérea y fachada principal. Río Verde, Ignacio Zaragoza 918, Col. San Antonio. Fuente: Googlemaps e imagen del autor	63

Imagen 39. Escuela Ford 176, Vista aérea y fachada principal. Soledad de Graciano Sánchez, Sierra Grande 177, Col. La Sierra. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.....	63
Imagen 40. Escuela Ford 177, Vista aérea y fachada principal. San Luis Potosí, Pról. El Aguaje 305, Fracc. Salk II. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.	64
Imagen 41. Escuela Ford 196, Vista aérea y fachada principal. Villa de Zaragoza, Pista 100, La Sauceda Fuente: Googlemaps e imagen del autor.	64
Imagen 42. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 104, Río Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022	66
Imagen 43. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 177, San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022	66
Imagen 44. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 196, Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022	66
Imagen 45. Esquema para la medición del bienestar. Fuente: Elaboración propia.....	69
Imagen 46. Árbol del Problema. Fuente: Elaboración propia	70
Imagen 47. Árbol de Objetivos. Fuente: Elaboración propia.....	73
Imagen 48. Alternativas de solución a ejecutar. Fuente: Elaboración propia.....	74
Imagen 49. Vista del espacio que requiere un alumno. Fuente: INIFED, 2012.....	84
Imagen 50. Vista ideal del aula. Fuente: INIFED, 2012	84
Imagen 51. Vista actual de un aula. Fuente: INIFED, 2012	85
Imagen 52. Carta bioclimática Olgyay. Fuente: Olgyay, 2006	91
Imagen 53. Carta bioclimática Gonzalo. Fuente: Gonzalo, 2004	92
Imagen 54. Visualización de la dirección del viento. Fuente: IQ Air, 2023.....	97
Imagen 55. Grado de Arropamiento. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2023.....	101
Imagen 56. Factor Metabólico. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2023	102
Imagen 57. Beneficios de distintas tecnologías. Fuente: La ecología en México	104
Imagen 58. Desarrollo Tecnológico Sustentable. Fuente: La ecología en México, Transición tecnológica propuesta por Moser, 2015	105
Imagen 59. Metodología del Marco Lógico. Fuente: Elaboración propia	116
Imagen 60. Método de Investigación-Acción. Fuente: Elaboración propia.....	117
Imagen 61. Método de Simulación. Fuente: Elaboración propia	118
Imagen 62. Creación de indicadores. Fuente: Elaboración propia	120
Imagen 63. Ubicación de Unidad de Análisis, Escuelas Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia	132
Imagen 64. Imagen termográfica de Escuela Ford 104, en muro orientado al nororiente en el horario de las 11 horas. Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica.....	140
Imagen 65. Imagen termográfica de Escuela Ford 177, en muro orientado al sur-poniente en el horario de las 13 horas. Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica.....	141
Imagen 66. Imagen termográfica de Escuela Ford 196, en muro orientado al nororiente en el horario de las 11 horas Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica.....	141
Imagen 67. Asoleamiento Ford 104 Río Verde 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder	149
Imagen 68. Detalle Ford 104 Río Verde, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder.....	149
Imagen 69. Asoleamiento Ford 177 San Luis Potosí 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder	150
Imagen 70. Asoleamiento Ford 177 San Luis Potosí, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder	150
Imagen 71. Detalle de entrada de Sol, Ford 177 San Luis Potosí, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder.....	150

Imagen 72. Asoleamiento Ford 196 Villa de Zaragoza 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder	151
Imagen 73. Detalle de entrada de Sol, Ford 196 Villa de Zaragoza, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder.....	151
Imagen 74. Problemas detectados Escuelas Ford. Fuente: Elaboración propia	157
Imagen 75. Necesidades y recomendaciones, Ford 104 Río Verde. Fuente: Elaboración propia	158
Imagen 76. Necesidades y recomendaciones, Ford 177 San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia	159
Imagen 77. Necesidades y recomendaciones, Ford 196 Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia	159
Imagen 78. Propuesta Aula Ford Tradicional. Fuente: Elaboración propia	161
Imagen 79. Propuesta Aula Ford Hexagonal. Fuente: Elaboración propia	162
Imagen 80. Conclusiones de Proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	172

C. Índice de Gráficas

Gráfica 1. Parámetros climáticos de Río Verde. Fuente: Creación Propia con DesingBuilder	32
Gráfica 2. Parametros climaticos San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con DesingBuilder.....	38
Gráfica 3. Parametros climaticos Villa de Zaragoza. Fuente: Creación propia con DesingBuilder.....	43
Gráfica 4. Estación preferente para trabajar dentro del salón de clases, 1°grado. Fuente: Creación propia ..	48
Gráfica 5. Sensación Térmica en Estaciones 1°grado. Fuente: Creación propia	48
Gráfica 6. Sensación de Malestar a causa de Frío o Calor 1°grado. Fuente: Creación propia.	49
Gráfica 7. Percepción de entrada de Luz Solar y Aire 1°grado. Fuente: Creación propia.	49
Gráfica 8. Estación preferente para trabajar dentro del salón de clases 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.	50
Gráfica 9. Sensación Térmica en Estaciones 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.....	50
Gráfica 10. Sensación de Malestar a causa de Frío o Calor 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.....	51
Gráfica 11. Percepción de entrada de Luz Solar y Aire 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.	51
Gráfica 12. Concentración para el trabajo en clases de alumnos 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.	52
Gráfica 13. Momento del día donde se sienten bien 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.	52
Gráfica 14. Nivel de participación e Importancia de los actores del proyecto. Fuente: Elaboración propia	56
Gráfica 15. Temperatura Promedio y Temperatura del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia	134
Gráfica 16. Zona de Confort de la Escuela 104 en Río Verde. Fuente: Elaboración propia	135
Gráfica 17. Zona de Confort de la Escuela 177 en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia	136
Gráfica 18. Zona de Confort de la Escuela 196 en Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia	137
Gráfica 19. Temperaturas a lo largo del día. Fuente: Elaboración propia	138
Gráfica 20. Humedad Relativa a lo largo del día, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia.....	142
Gráfica 21. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 104 Río Verde. Fuente: Elaboración propia	145
Gráfica 22. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 177 San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia	146
Gráfica 23. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 196 Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia	148
Gráfica 24. Carta Bioclimática de Ford 104 Río Verde. Fuente Elaboración propia con Climate Consultan 6.	152
Gráfica 25. Carta Bioclimática de Ford 177 San Luis Potosí. Fuente Elaboración Propia con Climate Consultan 6.....	152
Gráfica 26. Carta Bioclimática de Villa de Zaragoza. Fuente Elaboración Propia con Climate Consultan 6. .	153
Gráfica 27. Comparativa de Temperaturas con y sin Aplicación de Técnicas Bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia	163

D. Índice de Tablas

Tabla 1. Escuelas Primarias Ford en San Luis Potosí. Fuente: fordseocupa.mx.....	24
Tabla 2. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia.....	35
Tabla 3. Área de Impacto Ford 104 (2020), Rio Verde. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.	36
Tabla 4. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia.....	41
Tabla 5. Área de impacto Ford 177 (2020), San Luis Potosí. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.	41
Tabla 6. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia.....	45
Tabla 7. Área de Impacto Ford 196 (2020), Villa de Zaragoza. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.	46
Tabla 8. Actores Involucrados en Proyecto. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 9. Descripción de factores involucrados en el confort térmico del proyecto. Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 10. Análisis de Involucrados. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 11. Descripción de Temperaturas en San Luis Potosí 2015-2020. Fuentes: CONAGUA (Servicio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua), 2021.....	60
Tabla 12. Análisis de Variables Sociales y Económicas. Fuente: Elaboración propia	65
Tabla 13. Población Estudiantil en las colonias cercanas a Escuelas Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2020, SEGE y Fordseocupa.mx	67
Tabla 14. Costo Anual Promedio de Educación Primaria. Fuente: Elaboración propia, con datos de censo escolar y entrevistas en escuelas cercanas de la localidad.....	68
Tabla 15. Alternativas de solución a ejecutar. Fuente: Elaboración propia	75
Tabla 16. Alternativas de acción. Fuente: Elaboración propia	76
Tabla 17. Estrategias de solución. Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 18. Resumen Narrativo. Fuente: Elaboración propia	78
Tabla 19. Requerimientos Funcionales. Fuente: Criterios de Diseño Arquitectónico. CDA-PRIM-PU-02, INIFED	81
Tabla 20. Requisitos dimensiones mínimos. Fuente: Normas y Especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones Vol. 2. Estudios Preliminares, Tomo I. Planeación, programación y evaluación, 2012, INIFED, México.....	84
Tabla 21. Guía de Dotación de Mobiliario y Equipo Ideal. Fuente: Creación propia información fordseocupa.mx	87
Tabla 22. Límites del confort térmico según Mascaró. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2022.....	94
Tabla 23. Tabla de valores de Sensación Térmica por Calor (Heat Index). Fuente: Medina, 2023	95
Tabla 24. Efectos creados por el viento. Fuente: Elaboración propia con datos de IQ Air, CONAGUA e importancias.com/viento/.....	97
Tabla 25. Relación de la velocidad del aire y su percepción. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2022	98
Tabla 26. Equivalencia de la temperatura ambiente según la velocidad del viento. Fuente: Medina, 2023 ...	98
Tabla 27. Concentraciones de CO2 y sus efectos. Fuente: iqair.com, 2023.....	99
Tabla 28. Porcentaje de insatisfechos en el ambiente térmico. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2023	103
Tabla 29. Ventajas y desventajas de aplicación de Ecotecnias. Fuente Borjas, 2019	107
Tabla 30. Descripción del Proyecto. Fuente: Elaboración propia	114
Tabla 31. Indicadores y variables que Determinan el Confort Térmico Interior en Escuelas Ford. Fuente: Elaboración Propia	121

Tabla 32. Resumen Narrativo con Indicadores. Fuente: Elaboración propia	124
Tabla 33. Etapas para el proyecto profesionalizante. Fuente: Elaboración propia	130
Tabla 34. Fechas de visitas para la toma de información. Fuente: Elaboración propia.	133
Tabla 35. Temperatura Promedio y Temperatura del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia	134
Tabla 36. Temperatura promedio del día, mayo 2022. Fuente: Elaboración Propia.....	138
Tabla 37. Temperatura Fachada Norte, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia	139
Tabla 38. Temperatura Fachada Sur, mayo 2022. Fuente: Elaboración Propia	140
Tabla 39. Humedad Relativa, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia	142
Tabla 40. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 104 Río Verde. Fuente: Elaboración propia	143
Tabla 41. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 177 SLP. Fuente: Elaboración propia	145
Tabla 42. Concentración de CO ₂ y Velocidad del Aire, Ford 196 Zaragoza. Fuente: Elaboración propia	147
Tabla 43. Resumen Narrativo y Verificación. Fuente: Elaboración propia	155
Tabla 44. Comparativa de Temperaturas con y sin Aplicación de Técnicas Bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia	162
Tabla 45. Resumen de Costos 2023. Fuente: Elaboración propia	165
Tabla 46. Matriz del Marco Lógico. Fuente: Elaboración propia	167



Introducción

Inicio

El origen del problema del confort térmico tiene como causa el desconocimiento de la relación existente entre las actividades educativas y las normas de construcción en espacios educativos. La mayor parte del tiempo los alumnos y docentes realizan actividades de la vida laboral o estudiantil dentro de un espacio, por lo que es importante que el ambiente de las aulas, tengan condiciones óptimas para los usuarios. Para determinar esas condiciones de confort, se pueden implementar diferentes sistemas de mejoramiento del confort térmico (Jiménez, 2020).

El confort térmico según la ASHRAE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) es una condición mental que expresa un cierto agrado con el ambiente térmico (S&P, 2022). Tomando en cuenta que el ser humano es único e inigualable, existen variaciones fisiológicas y psicológicas, dando como resultado que las condiciones ambientales confortables no son las mismas para todos.

Son dos las condiciones personales que deben cumplirse para mantener el confort térmico. Una nace de la combinación instantánea de temperatura de la piel y la temperatura del centro del cuerpo, esto dará como resultado una sensación de neutralidad térmica. La segunda es el cumplimiento del balance de energía del cuerpo: el calor producido por el metabolismo debe ser igual a la cantidad de calor perdida por el cuerpo (Molina, 2017).

La importancia del confort térmico se empieza a desarrollar hasta el siglo XVII, con la distribución de espacios privados e íntimos, se aprecia un estudio lo más parecido al bienestar y confort (Borjas, 2019). Y es gracias a LeCorbusier que mostró un interés por el impacto del clima dentro y fuera de las edificaciones, que marco en la arquitectura un inicio con propuestas que podían aplicarse a cualquier clima o país con un muro neutralizante que permitía en el interior de una vivienda una temperatura constante de 18°C.

Son 6 los principales factores ambientales y personales que inciden en el confort térmico (ver imagen 1): *temperatura del aire, velocidad del aire, humedad relativa, tasa metabólica, aislamiento de ropa y la temperatura radiante*. También otras condiciones y características como factores de ubicación, de tiempo y horario, de variaciones del clima, las actividades realizadas, del espacio envolvente, la iluminación, la concentración del *dióxido de carbono* y la calidad del aire interior, entre otros (ashrae.org, 2023).

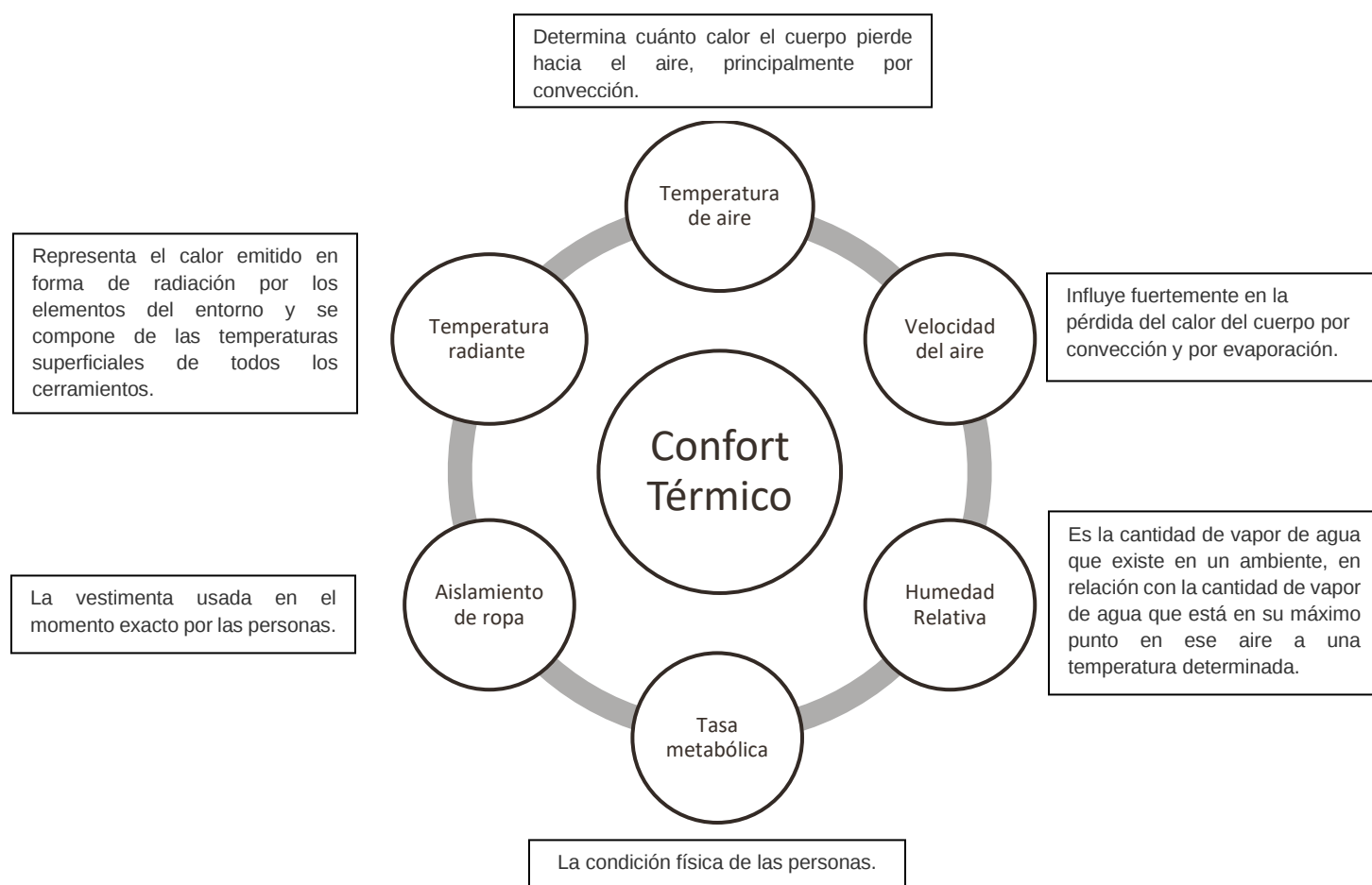


Imagen 1. Factores del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia con datos de ASHRAE, 2023

Los sistemas de mejoramiento del confort térmico de forma práctica y atractiva presentan una solución para resolver el problema de la resistencia del calor o falta de ventilación que se están presentando en los espacios cerrados. Conocer más sobre la tecnología de las herramientas de mejoramiento del confort térmico es un gran paso de las localidades a desarrollarse frente a los problemas del medio ambiente y habitabilidad del

espacio. Éstos se ven favorecidos cuando se combinan ambas necesidades con los estudios necesarios para la construcción de espacios.

Los sistemas y herramientas de bloqueo solar, optimizar la ventilación natural y mejoramiento del confort térmico al interior del espacio ofrecen un abanico de alternativas, ventajas y desventajas, tanto para el confort y la vida en general de las personas, como para el medio ambiente. Más utilizados en construcciones de tipo industrial y en edificios de gran altura, demostrando el inicio de la climatización artificial que se vio en la era moderna, con los edificios que albergan gran cantidad de oficinas y la necesidad de mantener constante una temperatura dentro de un espacio (Chávez, 2018).

La sensación más adecuada para realizar cierta actividad dentro de un espacio cerrado se mide por el confort de los usuarios. En las escuelas primarias donde coinciden varios alumnos y docentes en un mismo espacio dicho confort seguramente no coincidirá. De allí parte el interés de identificar las condiciones adecuadas presentes en el sitio de estudio, considerando el estudio del espacio que por la singularidad de su forma hexagonal y las actividades realizadas afectan el confort de alumnos y docentes y que por ello existe la preocupación de actuar y dar solución a este problema.

La mayoría de las escuelas no responden al clima ni al entorno, resultandos dependientes de climatización e iluminación artificial, esto gracias a los dispositivos electrónicos para mejorar la incomodidad causada dentro de aulas escolares provocando el agotamiento de recursos ambientales y un gasto excesivo de energía, así como una vulnerabilidad con la naturaleza. Para enfrentarse a los inconvenientes es necesario la unificación de esfuerzos, disciplinas y técnicas que se empiezan a levantar para enfrentarse al cambio climático. No se trata solo de emplear materiales naturales para la construcción, la sustitución de los ya conocidos o ahorrar energía y reducir la contaminación, sino de mantener los espacios ya construidos dentro de los parámetros necesarios para su ocupación y que ofrezcan una alta calidad de habitabilidad (Rodríguez, 2014).

Escuelas Primarias Ford en San Luis Potosí

En el estado de San Luis Potosí, las condiciones climáticas son bastante propicias para mantener el confort térmico de manera regular durante el año, gracias a su ubicación geográfica al centro del país, con una latitud $24^{\circ}29'-21^{\circ}10'N$ y longitud de $98^{\circ}20'-102^{\circ}18'O$, a 1.860 msnm. La temperatura promedio anual del estado es $17.85^{\circ}C$, siendo la mínima de $8.4^{\circ}C$ y la máxima de $32^{\circ}C$, y teniendo una precipitación promedio anual de 343.1mm según datos arrojados por INEGI (inegi.gob.mx, 2020).

San Luis Potosí y la manera de construcción de sus edificaciones a nivel general se mantiene gracias al mismo sistema que se presenta en todo México, columnas de concreto, muros de block o ladrillo y azoteas planas con pendiente, dejando vanos para puertas y ventanas. Algo parecido pasa en las escuelas y espacios educativos dando un énfasis en espacios abiertos y azoteas de dos aguas utilizando materiales macizos y de la región.

La gran cantidad de planteles a lo largo del estado, están a cargo del IEIFE (Instituto Estatal de Infraestructura Física Educativa), que son los encargados de la elaboración de proyectos, licitación y construcción de espacios educativos de nivel básico, medio, superior, posgrado y obras de beneficio social. El estado cuenta con casi 10,000 planteles distribuidos en las cuatro zonas geográficas, y un número que sobrepasa los 850,000 usuarios, datos obtenidos al ciclo escolar 2019-2020 (slp.gob.mx, 2020).

La escuela primaria es una institución social que está estrechamente relacionada con el aprendizaje y educación de niños. La escuela es el ámbito donde las personas aprenden diferentes áreas del conocimiento y del saber humano, que van desde cuestiones científicas, pasando por cuestiones sociales hasta cuestiones prácticas y de la vida diaria.

Fundación Ford

En La República Mexicana el Comité Cívico de la Compañía de Autos Ford y sus Distribuidores crearon el Programa Educación en Movimiento desde 1966 (fordseocupa.mx, 2023), dedicándose exclusivamente a la construcción de escuelas y la instalación del mobiliario; es una asociación civil sin fines de lucro, cuyo objetivo contribuye con el desarrollo social y cultural, manteniendo el aprendizaje cerca a niños y docentes. Esto ha permitido la edificación y donación de 212 escuelas primarias, de las cuales siguen en operación 193, las escuelas edificadas por la compañía cuentan con un número que también funge como nombre, para un seguimiento y edificación más ágil, cuentan, en la gran mayoría con seis aulas didácticas, dos direcciones, salón de usos múltiples, aulas de medios, patio cívico y campos recreativos (fordseocupa.mx, 2023).

Se implementaron iniciativas en 1998 para dar una Calidad en la Educación Primaria que incluye cursos para maestros y directores, un torneo nacional de deportes y los sistemas “Para ser feliz, forjando valores» y «Se vale decir no» (fordseocupa.mx, 2023), que consisten en reforzar valores y la autoestima de los niños, logrando que el interés y atención de estos, esté lo más lejos posible de las adicciones.

Actualmente el criterio básico para construir una escuela es que no haya otra en la cercanía, y/o que la población en edad escolar sea alta, de tal forma que el beneficio justifique la inversión. Una vez que la escuela es construida, se lleva a cabo una ceremonia de inauguración, durante la cual funcionarios de Ford y de la red de Distribuidores, hacen entrega oficial del inmueble a las autoridades de la Secretaría de Educación Pública (SEP). El objetivo fundamental de la construcción de escuelas primarias es hacer posible el acceso a la educación, entendido como base fundamental del desarrollo de la comunidad.

San Luis Potosí

En el estado San Luis Potosí en el año de 1972 se construyó la primera escuela primaria tipo Ford, la número 51 del país, ubicada en Soledad de Graciano Sánchez favoreciendo el desarrollo educativo en la entidad. Este Programa de la Compañía Ford cuenta con 7 escuelas primarias pertenecientes en el estado (ver imagen 2), distribuidas: 2 en el Municipio de San Luis Potosí, 2 en Soledad de Graciano Sánchez, 2 en Río Verde y 1 más en Villa de Zaragoza (ver tabla 1) (fordseocupa.mx, 2023).

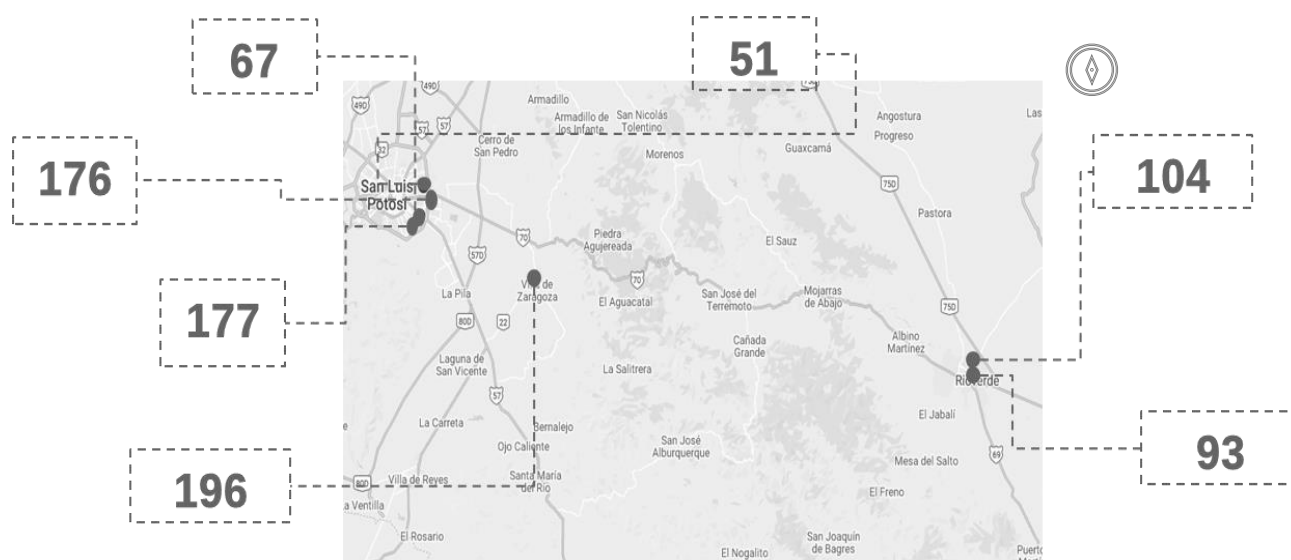


Imagen 2. Distribución de Escuelas Primarias tipo Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con imagen de Googlemaps y datos de fordseocupa.com

Tabla 1. Escuelas Primarias Ford en San Luis Potosí. Fuente: fordseocupa.mx

No.	Escuela	Nombre	Municipio
1	51	Ford 51	Soledad de Graciano Sánchez
		Francisco Villa	
2	67	Juan Sarabia	San Luis Potosí
		Mariano Jiménez	
3	93	Heroico Colegio Militar	Río Verde
		22 de septiembre	
4	104	Ignacio Zaragoza	
		Emiliano Zapata	
5	176	Jesús Silva Herzog	Soledad de Graciano Sánchez
		Manuel José Othón	
6	177	Eugenio Robles Oyarzun	San Luis Potosí
		Prof. Filomeno Mata Rodríguez	
7	196	Ponciano Arriaga	Villa de Zaragoza

Las escuelas primarias pertenecientes a San Luis Potosí (excluyendo la numero 51), Villa de Zaragoza y Soledad de Graciano Sánchez se pueden destacar por la estructura física, ya que corresponde a un sistema de construcción de aulas con planta arquitectónica en forma hexagonal (ver imagen 3), contando con losas en diferentes niveles y formas, este diseño estuvo a cargo del Arquitecto Felipe Muñoz, perteneciente a la Asociación Mexicana de Distribuidores Ford (Villa, 2022).



Imagen 3. Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Imagen del autor.

Dando en conjunto las aulas, de las escuelas primarias tipo Ford forman un sistema de panal de abeja, al tener conexión entre uno o dos de sus muros (ver imagen 4). Dejando los espacios como patios cívicos o bibliotecas con la forma tradicional rectangular.

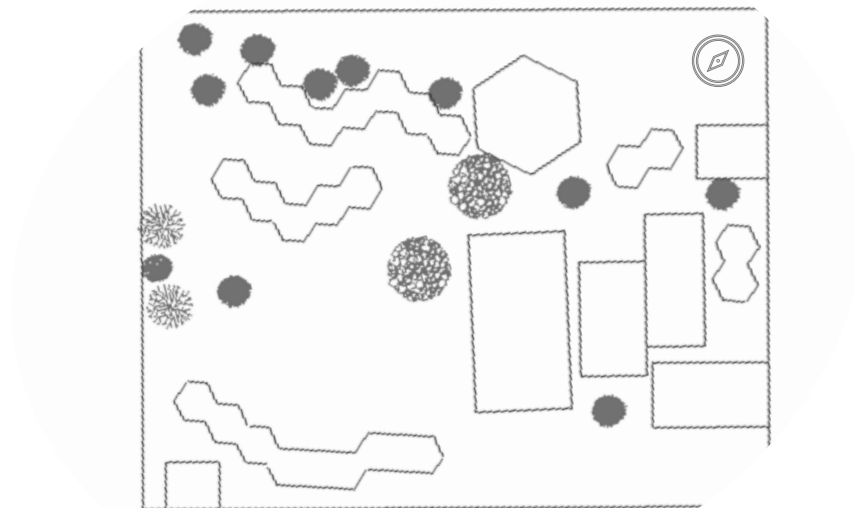


Imagen 4. Plano Espacial de Escuela Primaria Ford 176 (sin escala). Fuente: Elaboración propia

Con esta forma física corresponden 4 escuelas, y siendo un total de las 7 escuelas, con 119 salones de clases, atendiendo a 3,501 alumnos y 167 docentes impartiendo clases durante el ciclo escolar 2021-2022 (Panorama Educativo. Secretaría de Educación Pública. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa, 2022).

Aulas

Generalmente es un salón de dimensiones variables, que debe contar con espacio suficiente como para albergar a los sujetos que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje: el docente y los alumnos. Este espacio consta normalmente de un área para el trabajo del educador y con un área más amplia donde trabajan los alumnos de la manera más cómoda posible (ecured.com, 2023).

La construcción de aulas escolares en San Luis Potosí de manera tradicional consta de un espacio rectangular, con 2 muros cerrados en el extremo corto, vanos a lo largo del muro longitudinal y puerta en el otro extremo. Además de losas compactas de concreto con caída a dos aguas. Mientras que el esquema de las aulas tipo Ford, están conformadas de manera tradicional y hexagonal, los modelos varían con 6 columnas y 2 muros de colindancia, dejando 3 muros con vanos longitudinales y puerta. Las losas siguen siendo compactas de concreto armado con caídas a 6 o 2 aguas (ver imágenes 5, y 6).

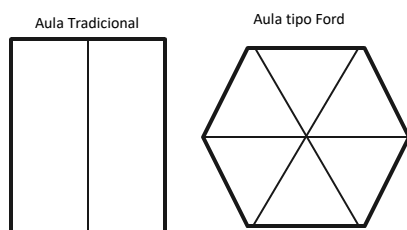


Imagen 5. Vista en planta de aulas (sin escala).
Fuente: Elaboración propia.

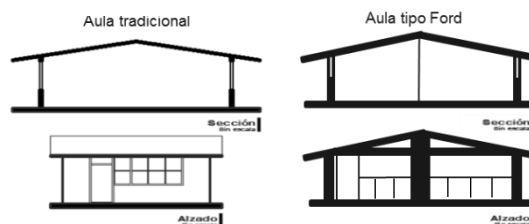


Imagen 6. Alzado de aulas (sin escala). Fuente:
Elaboración propia.

El aula de forma hexagonal cuenta con una puerta principal, tres muros con ventanas, dos muros colindantes con otras aulas y un muro más sienta el primero de la serie de aulas. La altura del aula va desde el punto más alto de 3.70m hasta la parte donde baja la losa en las trabes con 2.70m.

El proyecto de construcción de una escuela Ford en San Luis Potosí se desarrolla con la implicación activa de toda la comunidad, con el respaldo técnico y financiero de los especialistas de Ford y la responsabilidad de las normas y requerimientos de IEIFE (Instituto Estatal de Infraestructura Física Educativa), que es el encargado de "Construir, normar y equipar espacios educativos con características que alcancen la satisfacción de los clientes, beneficiarios, proveedores y personal, enficionando procesos para lograr la mejora continua a través del cumplimiento de los objetivos del instituto" (slp.gob.mx/ieife.com, 2022).

La materialización de la construcción busca que sea resistente, funcional y estético, siendo el punto principal la educación, lo que demanda la rapidez de atención en las mejoras que sobresalen sobre las escuelas tradicionales (ver imagen 7).



Imagen 7. Forma Espacial de Escuela Primaria tipo Ford 196. Fuente: Imagen propia.

Para la correcta y ágil ejecución de cada aula en su momento se requirió de la implementación de un proceso constructivo estándar, comprobado, ágil y eficaz. Este procedimiento garantiza la calidad en conjunto de la escuela, con un mínimo costo, de ejecución segura y en el menor tiempo posible. La construcción, mantenimiento o mejoras de las escuelas es solicitado desde Dirección del plantel al Comité Cívico, quien es el responsable por brindar lo necesario.

Materiales de Construcción

Los materiales de construcción son aquellas materias primas o productos manufacturados que son necesarios en las labores de construcción (Ondarse, 2017). En el caso de la edificación de las escuelas primarias Ford, buscan que los materiales que sean necesarios para la construcción sean de la región, vendedores locales y minoristas, sin dejar de lado cierta calidad, lo cual a veces plantea traer materiales de otro lugar.

Los materiales de construcción en losas absorben la radiación según sus propiedades, por ejemplo, las superficies pulidas reflejan gran parte de la radiación, mientras que por el contrario superficies rugosas o con texturas absorben esa radiación, también superficies claras absorben menos que las oscuras, mientras que otras transmiten o almacenan esa radiación.

En las Escuelas Primarias Ford, el impermeabilizado de la losa, está en tono rojo oscuro, permite que la radiación del sol se absorba en gran cantidad; mientras que los muros al ser de ladrillo rojo recocido sirven como aislante, pero la ubicación de las escuelas hace que este aislante no sea suficiente. Las decisiones relacionadas con el color, la iluminación, el espacio, los muebles y los elementos naturales pueden moldear conscientemente las respuestas de los alumnos y profesores.

La Escuela Primaria Ford 104 de Rio Verde, pertenece al estilo tradicional (rectangular) de CAPCE (Ahora INIFED). El desglose de los materiales (ver imagen 8) utilizados parten de columnas y cadenas de concreto; muros de ladrillo rojo recocido, asentado con mortero de cemento-arena recubierto con una capa fina de repellado y una capa de pintura blanca con azul en la parte inferior en el interior, mientras que el exterior la pintura es beige con naranja en la parte interior; losa de concreto a dos aguas, pendiente de 10%, de corte transversal y aleros de 60cm con una capa de impermeabilizante rojo a 10 años; ventanas de tres paneles con perfiles de aluminio y cristal de 6mm; puerta abatible de aluminio; piso de concreto pulido, con un escalón para el área del profesor; pupitres para alumnos y profesores de madera, recubiertos con pintura azul y patas de acero.

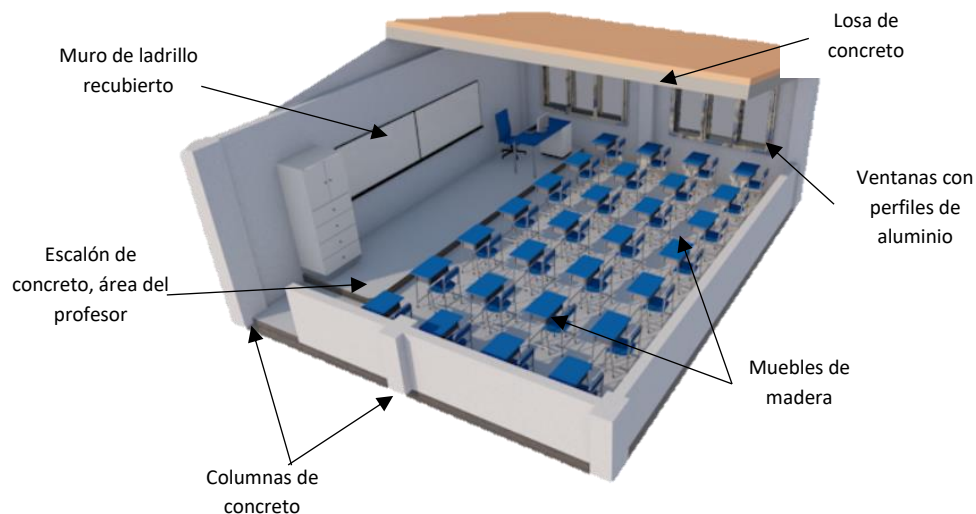


Imagen 8. Materiales de Aula Tradicional. Fuente: Elaboración Propia.

El nuevo diseño de las escuelas primarias tipo Ford se puede hacer notar por su estructura espacial en forma de hexágono. Las Escuelas Primarias de San Luis Potosí y Villa de Zaragoza, las numero 177 y 196, tienen una forma única, creando que ninguna de sus aulas sea igual a la otra, pero comparten el mismo sistema constructivo (ver imagen 9): columnas y trabes de concreto con acabado en pintura naranja, amarillo o verde menta, muros de ladrillo rojo recocido, asentado con mortero de cemento-arena, acabado aparente;

área de guardado de madera a lo largo de una muro bajo las ventanas; losa de concreto a dos aguas, pendiente de 15%, de corte transversal y aleros de 60cm con una capa de impermeabilizante rojo a 10 años; ventanas de tres o cuatro paneles con perfiles de aluminio y cristal de 6mm; puerta abatible de aluminio; piso de concreto con vitropiso de 40x40cm en color blanco, con un escalón para el área del profesor; muebles para alumnos y profesores de madera, recubiertos con pintura verde o rojo y patas de acero.

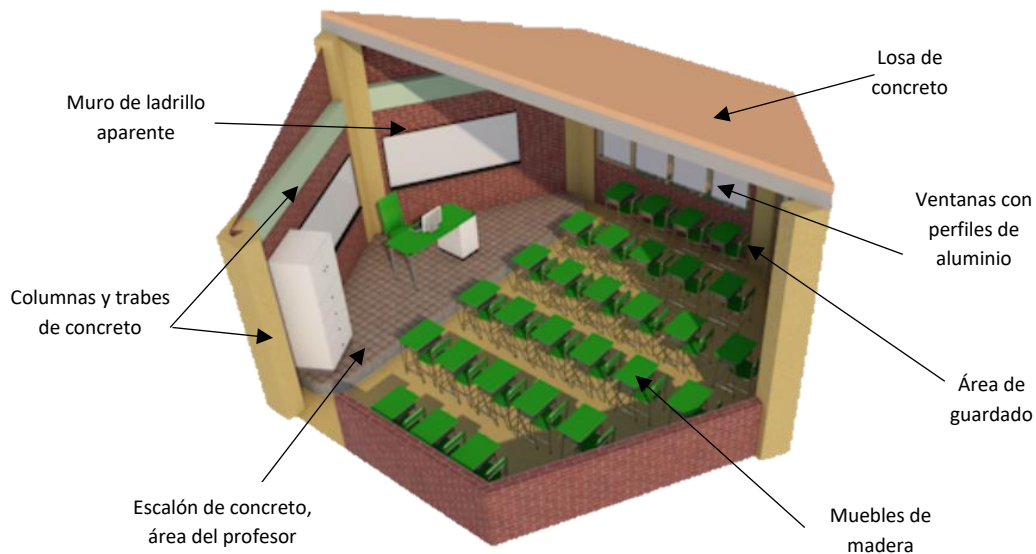


Imagen 9. Materiales de Aula Tipo Ford. Fuente: Elaboración Propia.

Siempre hay que buscar generar ambientes más cálidos, silenciosos, bien iluminados y ventilados. Sin embargo, cuando estas inversiones o cambios no son posibles, existen alternativas como los son: el uso de capas, los colores claros y las piedras que ayudan a enfriar, los espacios con menos muebles y más grandes proporcionan un buen flujo del aire.

Río Verde

La ciudad de Río Verde se localiza en la Zona Media del Estado de San Luis Potosí (ver imagen 10), es uno de los municipios más importantes del estado y de los que cuenta con una gran población por lo que se ubican 2 escuelas Ford 93 y 104, creadas en los años 1989 y 1990 (ver imágenes 11 y 12).

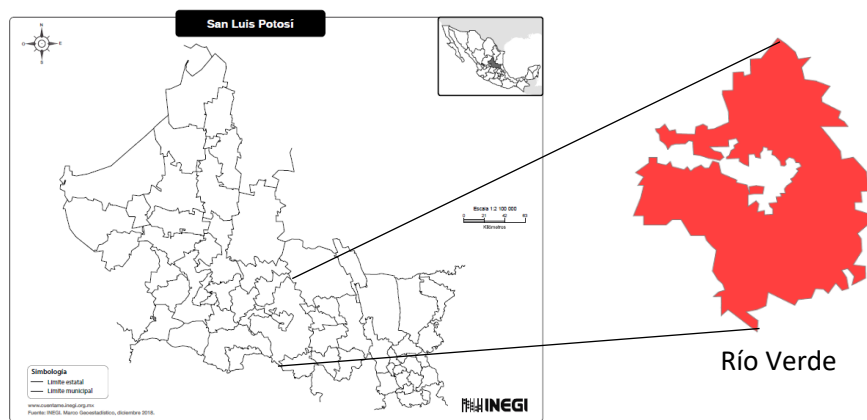


Imagen 10. Ubicación Río Verde, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.



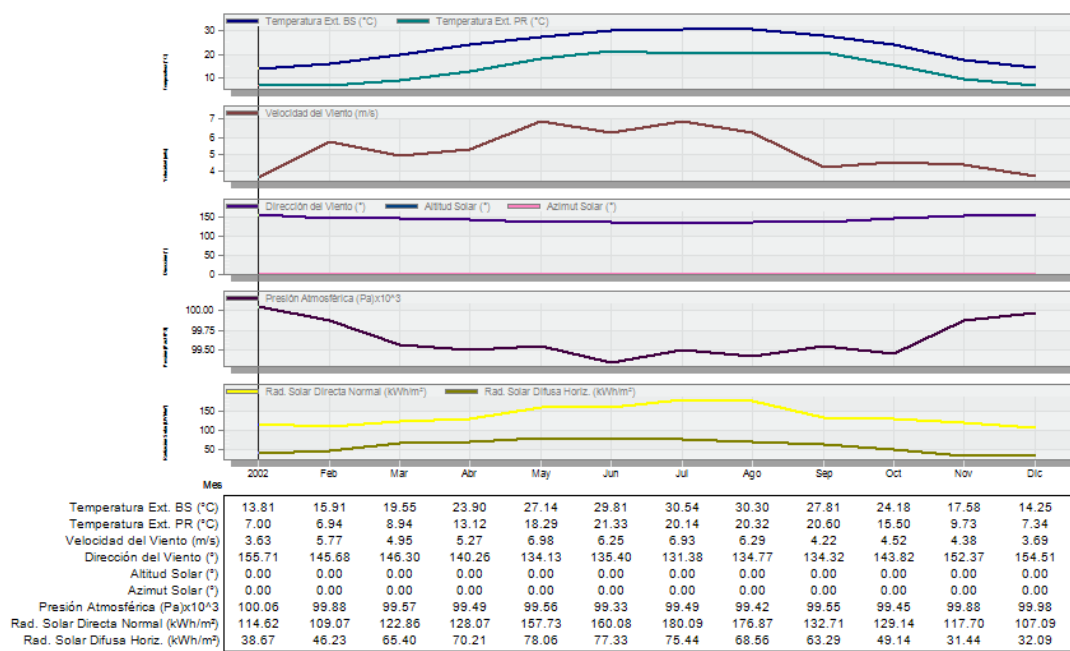
Imagen 11. Escuela Primaria Ford 93, Río Verde.
Fuente: Imagen Propia



Imagen 12. Escuela Primaria Ford 104, Río Verde.
Fuente: Imagen Propia

Parámetros climáticos

Se encuentra con *clima* cálido-templado, *temperatura* promedio anual de 22.1°C, el mes de mayo es el mes que presenta temperaturas más altas con promedio de 28.3° y enero el mes con temperaturas más bajas con 14.6° (ver gráfica 1).



Gráfica 1. Parámetros climáticos de Río Verde. Fuente: Creación Propia con DesingBuilder

El *asoleamiento* mayor es en el mes de abril con 281.23 horas de sol al mes (9.07h por día) y es el mes de enero el más bajo con 211.88 horas de sol en el mes (6.83h por día) y un total de 2,819.5 horas al año. Con una *precipitación* promedio de 771mm y 19.03 días de lluvia en septiembre siendo el mes con mayor precipitación y 4.80 días de lluvia en diciembre es el mes con menor precipitación. Una *humedad relativa* alta en septiembre con 78.63% y baja en abril con 58.69% y una *altitud* promedio de 1,000msnm. La *velocidad promedio del viento* es de 12.6km/h, el mes de marzo presenta velocidades máximas de 30.8km/h y el mes con las velocidades menores son en noviembre con 9.6km/h.

Descripción de la Escuela

La escuela Ford 104 está ubicada en la calle Ignacio Zaragoza 925, colonia San Antonio, Rioverde (ver imágenes 13 y 14), con las coordenadas 21°56'29.1"N 99°59'33.9"W. Cuenta con dos turnos y atiende a 234 alumnos en el turno matutino y 204 alumnos en el turno vespertino. Tiene 12 aulas, 1 biblioteca, 2 direcciones, 1 aula de medios, patio cívico y 1 área deportiva.

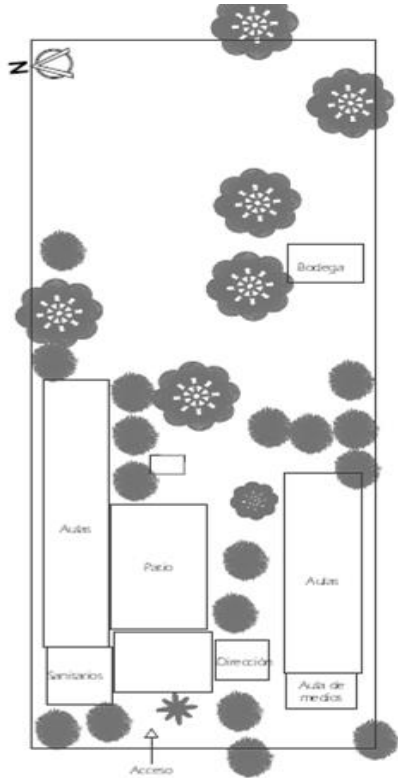


Imagen 13. Plano de ubicación de Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Creación Propia



Imagen 14. Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Imagen del autor

Descripción del Aula

La Escuela Primaria Ford 104 perteneciente a Río Verde, cuenta con una estructura tradicional en todas sus aulas (ver imagen 15), con aulas con capacidad de hasta 30 alumnos con pupitres en los grados superiores, mientras que los grados iniciales tienen mesas y sillas que se comparten con una capacidad de hasta 24 alumnos. Las aulas tienen una medida aproximada de 6.60m x 8.15m (ver imagen 16).

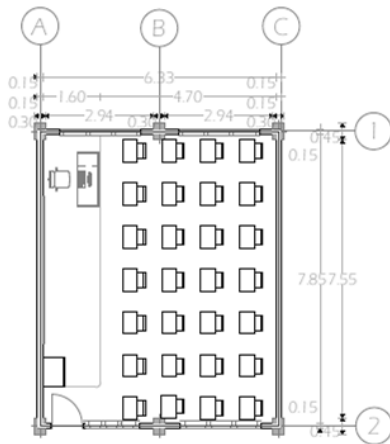


Imagen 15. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Elaboración propia

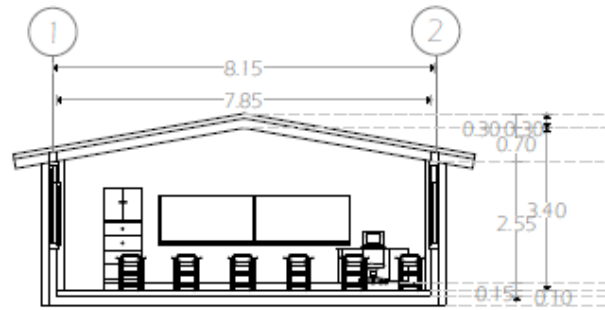


Imagen 16. Corte Transversal Escuela Primaria Ford 104. Fuente: Elaboración propia

El aula de forma rectangular cuenta con una puerta principal, dos muros con ventanas, dos muros colindantes con un aula y libre al lado norte. La altura del aula va desde el punto más alto de 2.90m hasta la parte donde baja la losa en las traves con 2.50m, con losa caída a dos aguas (ver imagen 17).



Imagen 17. Imagen de aula de la Escuela Ford 104. Fuente: Imagen del autor

Se hizo una visita para conocer el espacio educativo (aulas), así como revisar las actividades que se realizan en su mayoría de días (ver tabla 2).

Tabla 2. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia

ESCUELA FORD 104	
UBICACIÓN	Rio Verde
AULA	5 año
USUARIOS	TM 28 Alumnos 2 Docentes TV 24 Alumnos 2 Docentes
FECHA	2 de junio 2022
DATOS GENERALES	
FORMA DEL AULA	Rectangular
COLINDANCIA	4 año
VENTANAS	2 en fachadas Oriente y Poniente
PUERTAS	1 en fachada Oriente
MUROS CERRADOS	2 en fachadas Norte y Sur
MUROS ABIERTOS	2 en fachadas Oriente y Poniente
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Ladrillo revestido, con capa de color beige, trabes y columnas de concreto
PASILLOS	4 entre filas de mesabancos
MOBILIARIO	mesabancos
ACTIVIDADES	Trabaja interactivo de profesor con alumnos, con actividades de levantamiento y presencia constante al frente para participar
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	2 ventiladores, una televisión, gabinete de sonido
LUMINARIA	4 lámparas
OTRO	

Los usuarios del turno matutino 28 alumnos y 2 profesores, donde un profesor llevo a impartir clase de ingles durante una hora. El horario del uso del aula fue de 7:50am a 12:50am, con receso de 20 minutos a las 10:20am a 10:40am.

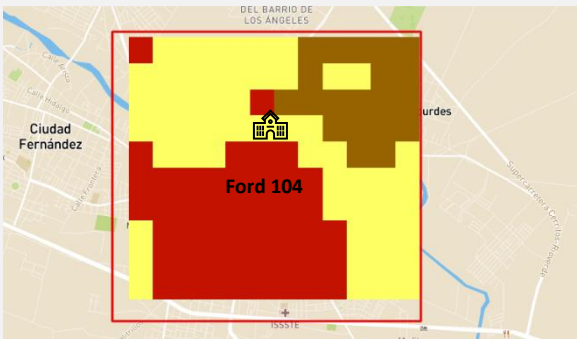
Mientras que del turno vespertino fueron 24 alumnos y 2 profesores, también un profesor para la clase de inglés, el uso del aula fue de 1:20pm a 6:00pm, con un receso de 20 minutos de 4:20pm a 4:40pm.

Área de impacto

Las escuelas primarias Ford se localizan en la periferia de la ciudad y los datos de cobertura terrestre que rodean la escuela (10km) se recopilan del conjunto de datos de cobertura terrestre de la Iniciativa de Cambio Climático (CCI) de la ESA (geofolio.com, 2023).

La distribución de las diferentes coberturas terrestres en el área de estudio de Río Verde en 2020 se muestra en la siguiente tabla 3, así como el área total representado en la imagen perteneciente a la misma tabla, donde se puede ver que el área que en su mayoría rodea la escuela es área urbana y área herbácea, parcelas y tierras de cultivo.

Tabla 3. Área de Impacto Ford 104 (2020), Rio Verde. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.

COBERTURA [%]	CLASIFICACIÓN	ÁREA [KM ²]	IMAGEN
45.0%	 Herbáceo	4.9	
38.3%	 Áreas urbanas	4.1	
16.7%	 Matorral	1.8	

San Luis Potosí

Ciudad y capital del estado de San Luis Potosí, ubicada en la Zona Centro (ver imagen 18), la ciudad con mayor población y la más grande, donde se localizan 2 escuelas Ford las número 67 y 177 está última creada en el año 2000, (ver imágenes 19 y 20). En el municipio cercano de Soledad de Graciano Sánchez están ubicadas otras 2 escuelas Ford, dando un total de 4 escuelas en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí-Soledad.

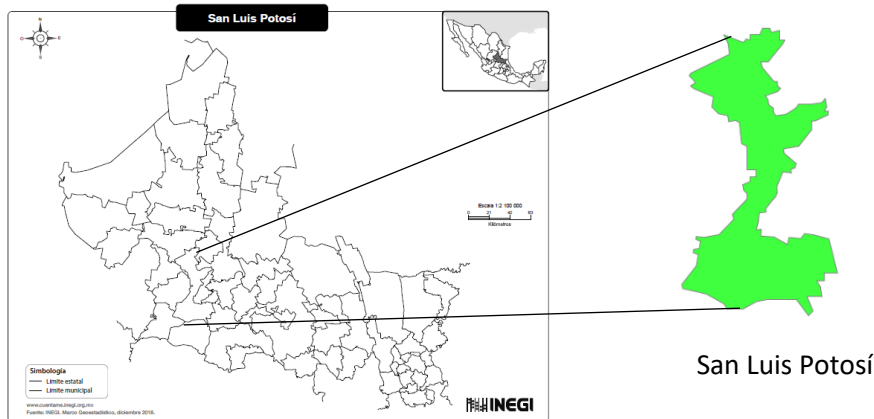


Imagen 18. Ubicación San Luis Potosí, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.

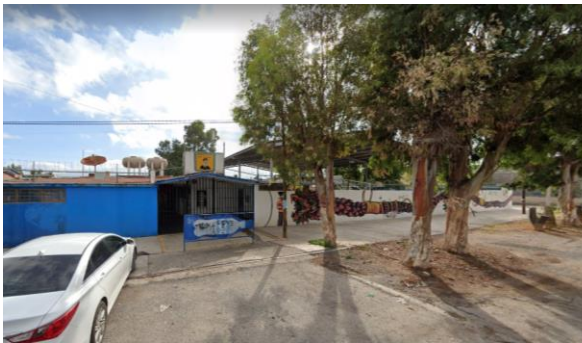


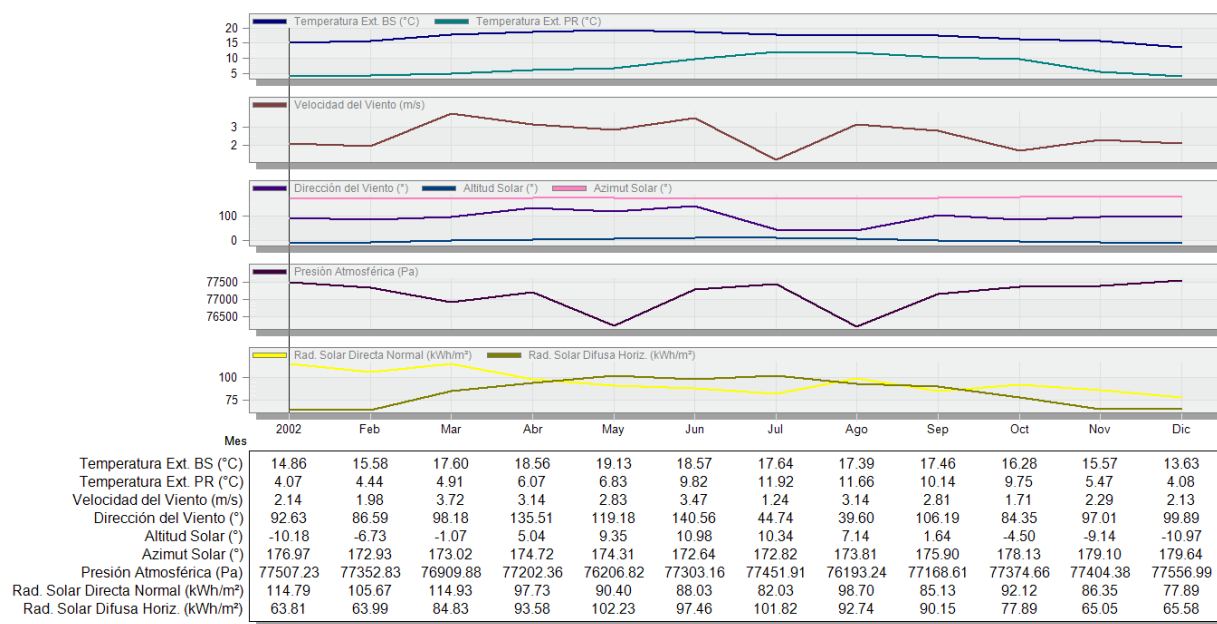
Imagen 19. Escuela Primaria Ford 67, San Luis Potosí. Fuente: Imagen del autor



Imagen 20. Escuela Primaria Ford 177, San Luis Potosí. Fuente: Imagen del autor

Parámetros Climáticos

El *clima* del municipio de San Luis Potosí es seco-estepario, con una *temperatura* promedio anual de 16.8°, las temperaturas más altas se presentan en mayo con un promedio de 21.5° y las más bajas en enero con un promedio de 12.1°(ver gráfica 2).



Gráfica 2. Parametros climaticos San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con DesingBuilder

La *precipitación* promedio anual es de 542mm, el mes de diciembre es donde tiene menor precipitación con 12mm y septiembre es el mes con mayor precipitación con 93mm. Las *horas de sol* se presentan con mayor cantidad en mayo de 315.96 horas (10.26h por día), mientras que enero tiene la menor cantidad de horas con 185.12 horas por mes (6.17h por día), el promedio anual es de 3017.94 horas de sol. La *humedad relativa* presente en el municipio más alta es en septiembre con 74.56% y la más baja en marzo con 38.22%. La *altitud* promedio del municipio es de 1,875msnm. La *velocidad del viento* promedio es de 16.2km/h, siendo el mes de marzo con velocidades mayores de 27.8km/h y el mes de noviembre con las menores de 12.5km/h (INEGI, 2022; INIFAP, 2022; CONAGUA, 2022).

Descripción de la Escuela

En la colonia del Aguaje es donde se localiza la escuela primaria Ford 177 (ver imágenes 23 y 24), cuenta con 7 aulas, una biblioteca, 3 baños, 2 direcciones, 1 aula de usos múltiples y 1 aula de medios, que atiende a 220 alumnos y 14 profesores en el turno matutino; y a 180 alumnos y 10 profesores en turno vespertino. Tiene un terreno

aproximadamente de 100m x150m, donde la mayor parte del área se destina al patio cívico, área de recreación, canchas deportivas y estacionamiento de vehículos. Se ubica en las coordenadas de 22°06'39.2"N 100°56'19.4"W.

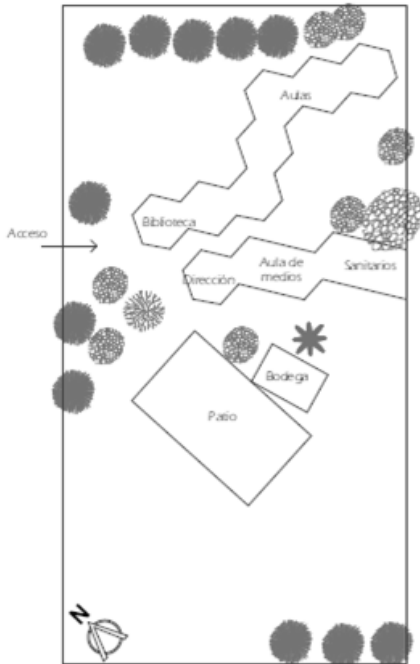


Imagen 21. Plano de Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia

Imagen 22. Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Imagen del autor

Descripción del Aula

En San Luis Potosí, las aulas de la escuela primaria Ford 177, son de una forma hexagonal, con una medida de 4.20m por lado y un diámetro de 8.40m (ver imágenes 23 y 24) dando espacio suficiente para el trabajo de alumnos y profesores, esto hace que en la actualidad tenga una cabida de hasta 30 alumnos que son aproximadamente los que cuenta cada grupo, aunque en un principio fueron diseñadas para una capacidad de 20 alumnos, esta transformación se dio debido a la gran demanda estudiantil, por lo que optaron para cambiar el mobiliario por pupitres individuales.

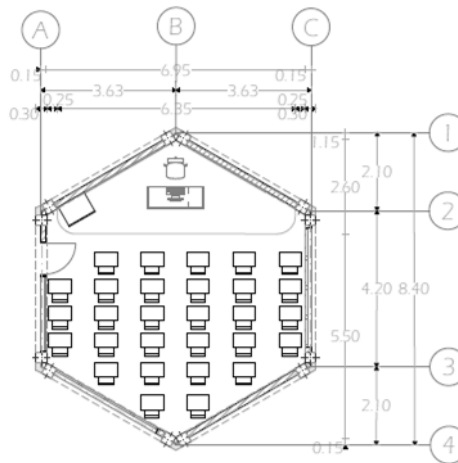


Imagen 23. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia

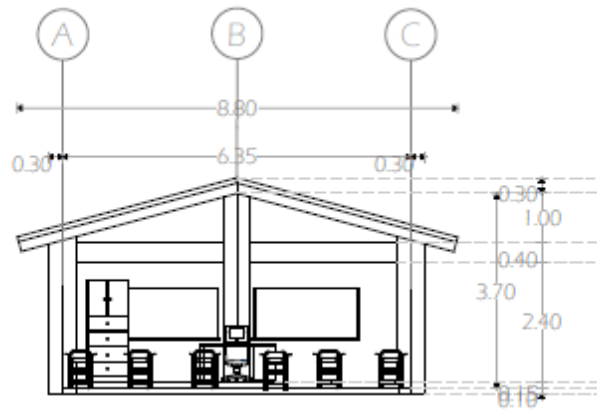


Imagen 24. Corte Transversal Escuela Primaria Ford 177. Fuente: Elaboración propia

El aula de forma hexagonal cuenta con una puerta principal, tres muros con ventanas, dos muros colindantes con otras aulas y un muro más, sienta el primero de la serie de aulas. La altura del aula va desde el punto más alto de 3.20m hasta la parte donde baja la losa en las trabes con 2.70m. (ver imagen 25 y tabla 4).



Imagen 25. Imagen de aula de la Escuela Ford 177. Fuente: Imagen del autor

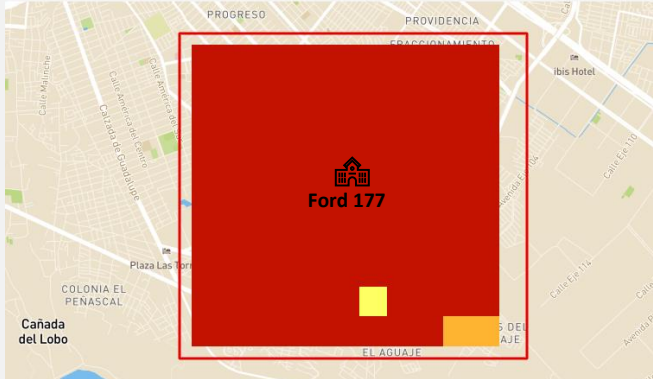
Tabla 4. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia

ESCUELA FORD 177	
UBICACIÓN	San Luis Potosí
AULA	6 año
USUARIOS	TM 23 Alumnos, 2 Profesores; TV 17 Alumnos 1 Profesor
FECHA	26 de mayo 2022
DATOS GENERALES	
FORMA DEL AULA	Hexagonal
COLINDANCIA	5 año
VENTANAS	3 en Fachadas sur, suroeste y Norte
PUERTAS	1 en fachada Sur
MUROS CERRADOS	3 Surponiente, Norponiente y Noriente
MUROS ABIERTOS	3 sur, suroeste y Norte
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Ladrillo aparente, columnas y traves de concreto
PASILLOS	7 entre cada fila de pupitres
MOBILIARIO	23 pupitres
ACTIVIDADES	Trabajo individual de cada alumno en su pupitre, con poca participación al frente
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	Cañón, pantalla retráctil, ventilador
LUMINARIA	2 lámparas
OTRO	Ventanas con cortinas

Área de impacto

Para el caso de San Luis Potosí (ver tabla 5), el área urbana rodea por completo la zona de cobertura de la escuela primaria. Agregando unas áreas libres que se manejan como terrenos baldíos y pocas zonas si urbanización.

Tabla 5. Área de impacto Ford 177 (2020), San Luis Potosí. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.

Cobertura [%]	Clasificación	Área [km ²]	Imagen
89.2%	Áreas urbanas	9.6	
1.7%	Baldíos	0.2	
0.8%	No urbanizado	0.1	

Villa de Zaragoza

La ciudad de Villa de Zaragoza se ubica en la zona centro del Estado de San Luis Potosí (ver imagen 26), dentro del municipio colindante a San Luis Potosí, esta ciudad se destaca por tener población con mucho movimiento por la cercanía con la ciudad donde se va a trabajar, y es aquí donde se localiza la escuela primaria Ford 196, que fue creada en el año 2008 (ver imagen 27).

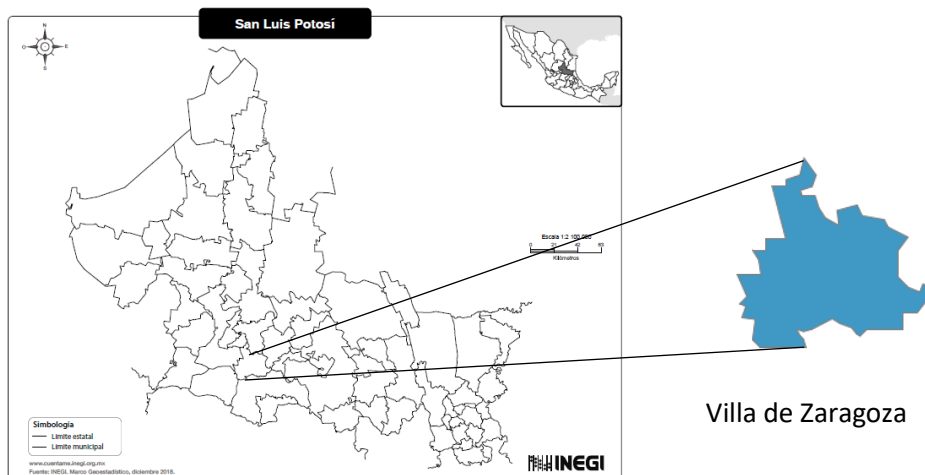


Imagen 26. Ubicación Villa de Zaragoza, San Luis Potosí. Fuente: INEGI, 2020.

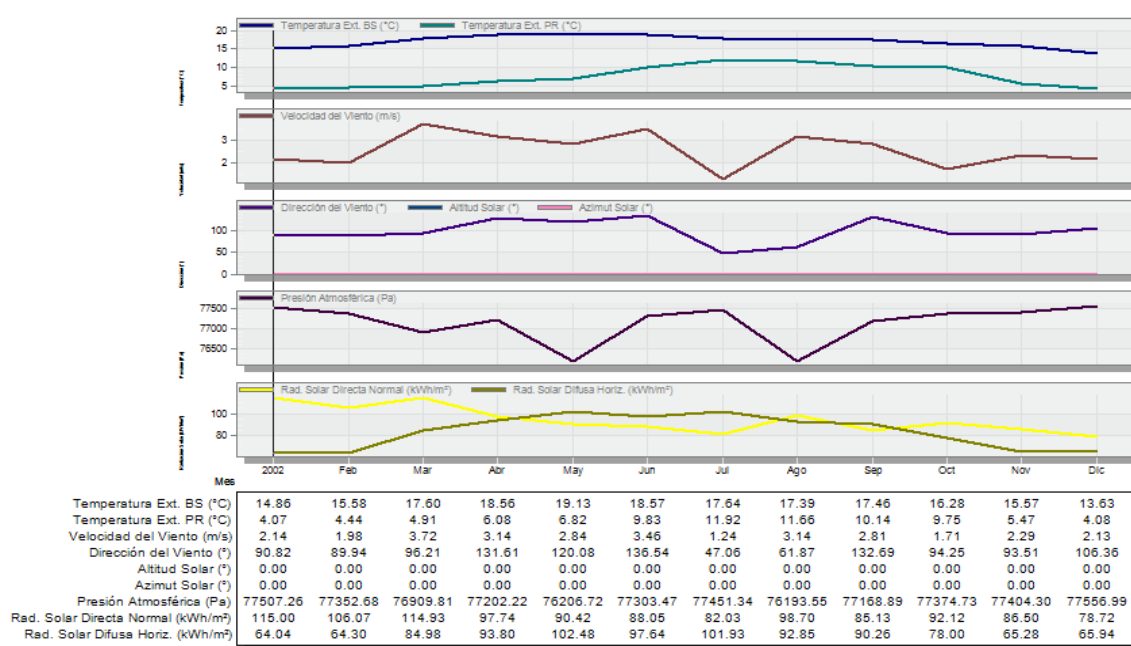


Imagen 27. Escuela Primaria Ford 196, San Luis Potosí. Fuente: Imagen Propia

Parámetros climáticos

Localizado con *clima* seco semi templado y una *temperatura* promedio anual de 16.9°C. El mes más cálido es mayo con una temperatura máxima promedio de 27°C y el mes de enero es el más fresco con una temperatura mínima promedio de 4°C.

La *precipitación* promedio anual es de 352mm, siendo el mes de julio con más días de lluvia 10.5 y el mes con menos días de precipitación es diciembre con tan solo 1 día (ver gráfica 3).



Gráfica 3. Parametros climaticos Villa de Zaragoza. Fuente: Creación propia con DesingBuilder

El *asoleamiento* promedio anual es de 3,242 horas de sol, el mes con más horas de sol es junio con 13.5h por día y el mes con menos horas de sol es diciembre con 10.8h por día. La *humedad relativa* promedio es de, el mes más alto es septiembre con 62.21% y el mes más bajo es enero con 24.21%. La *altitud* el municipio es de 1,912msnm. La *velocidad del viento* tiene un promedio de 15.3km/h, el mes de marzo presenta velocidades máximas de 26.8km/h y el mes con menor velocidad es noviembre con 11.7km/h.

Descripción de la Escuela

Ubicada en Bella Lomita 167, La Saucedá, Villa de Zaragoza, con las coordenadas 22°02'28.4"N 100°44'05.7"W. Atiende un solo turno con 7 aulas, 1 dirección, 1 biblioteca y 1 aula de usos múltiples para atender a 189 alumnos con 9 profesores (imágenes 28 y 29).

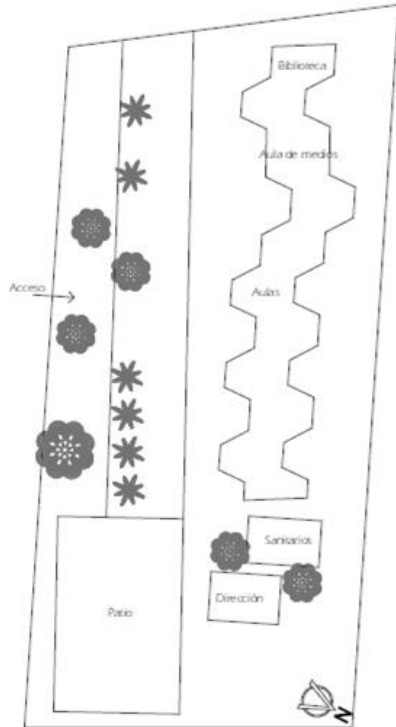


Imagen 28. Plano de Escuela Primaria Ford 196.
Fuente: Elaboración propia



Imagen 29. Escuela Primaria Ford 196. Fuente:
Imagen del autor

Descripción del Aula

Siguiendo el formato de la escuela anterior, en Villa de Zaragoza la Escuela Primaria 196 también cuenta con una forma hexagonal (ver imágenes 30 y 31), con medidas de 4.00m de lado y un diámetro de 8.40m, la ubicación de esta escuela difiere de las otras hexagonales, cuenta con una capacidad para 27 alumnos en cada aula.

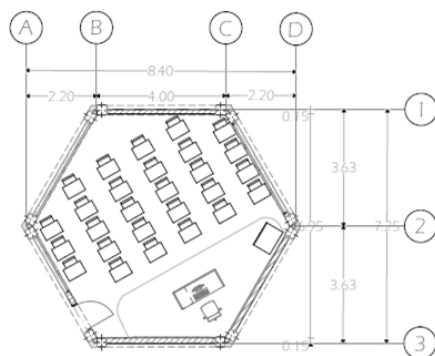


Imagen 30. Planta Arquitectónica Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Elaboración propia.

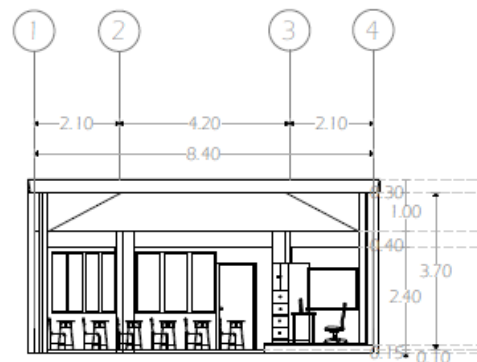


Imagen 31. Corte Longitudinal Escuela Primaria Ford 196. Fuente: Elaboración propia.

El aula de forma hexagonal cuenta con 1 puerta principal, 3 muros con ventanas, 2 muros colindantes con 1 aula y 1 biblioteca. Las losas con caídas a 2 aguas con una altura en su punto más alto de 3.70m hasta la parte donde baja la losa en la trabe con 2.70m (ver imagen 32).



Imagen 32. Imagen de aula de la Escuela Ford 196. Fuente: Imagen del autor

Los usuarios del aula del único turno fueron, 15 alumnos y 2 profesores, en un horario del uso de 8:00am a 1:00pm, con receso de 20 minutos a las 10:00am a 10:20am.

Tabla 6. Datos generales de aula para registro climático. Fuente: Elaboración Propia

ESCUELA FORD 196	
UBICACIÓN	Zaragoza
AULA	6 año
USUARIOS	15 alumnos 2 Profesores
FECHA	31 de mayo 2022
DATOS GENERALES	
FORMA DEL AULA	Hexagonal
COLINDANCIA	5 año
VENTANAS	3 en fachadas Poniente, sur poniente y Noriente
PUERTAS	1 puerta en fachada Poniente
MUROS CERRADOS	3 muros Suroriente, Norte y Norponiente
MUROS ABIERTOS	3 muros Poniente, Sur poniente y Noriente
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Ladrillo aparente, columnas y traves de concreto
PASILLOS	6 entre fila de pupitres
MOBILIARIO	20 pupitres
ACTIVIDADES	Trabajo en espacio individual con una hora de actividades de estiramiento al inicio de cada periodo de estudio

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	Ventilador, computadora, pantalla y cañón
LUMINARIA	2 lámparas
OTRO	Cortinas en las ventanas

Área de impacto

En las colindancias de la escuela de Villa de Zaragoza (ver tabla 7) pasa totalmente lo contrario con San Luis Potosí, el terreno que rodea la escuela primaria está compuesto en su mayoría por matorrales y zonas de cultivo, solo una cuarta parte pertenece al área urbana, además que también cuenta con zona arbolada o turística.

Tabla 7. Área de Impacto Ford 196 (2020), Villa de Zaragoza. Fuente: Iniciativa de Cambio Climático de la ESA. Geofolio, 2023.

COBERTURA [%]	CLASIFICACIÓN	ÁREA [KM ²]	IMAGEN
48.9%	Matorral	4.0	
30.0%	Cultivo	2.4	
17.8%	Áreas urbanas	1.4	
3.3%	Zona arbolada	0.3	

Levantamiento de encuestas y entrevistas

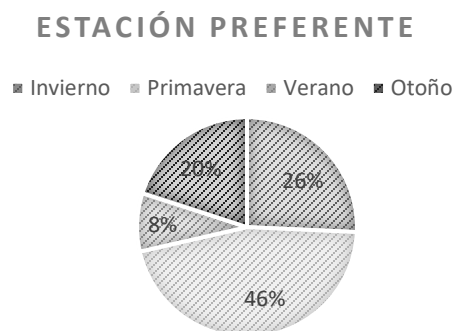
Para conocer el estado de la sensación térmica por parte de los usuarios, se realizaron encuestas y entrevistas durante tres visitas a las escuelas tipo Ford. El grupo de estudio se realizó con alumnos de 1º año, 3º año y 5º año escolar, así como a los profesores de estos grupos, correspondientes a 3 escuelas primarias, 2 con forma física hexagonal y 1 de forma tradicional, en los 3 años escolares mencionados con un total de 7 grupos, 6 profesores, con 35 alumnos de primer año, 49 alumnos de tercer año y 74 alumnos de quinto año. Dando un total de 158 alumnos. Las encuestas se realizaron de manera presencial y virtual en algunos casos con ayuda de los profesores. En ambos turnos, se realizaron poco antes del receso, en el turno matutino a las 9:30 am y en el turno vespertino a las 3:30pm. (Ver anexos para conocer las encuestas).

El resultado de las encuestas parte de dos usuarios alumnos y profesores, por los alumnos con un rango de edad desde los 5 hasta los 13 años y para los profesores las edades fluctuaban entre los 29 y los 63 años. Un 82% de los alumnos encuestados usaba uniforme escolar al realizar la encuesta (pantalón, camisa y suéter para niños; jumper, camisa y suéter para niñas) y el 100% de los encuestados llevaba suéter a la escuela ya sea por parte del uniforme o precaución para determinadas horas del día, aunque algunos de ellos no lo tenían puesto. Mientras que los profesores vestían ropa ligera como pantalón, camisa/blusa y alguna vestimenta deportiva.

Niños

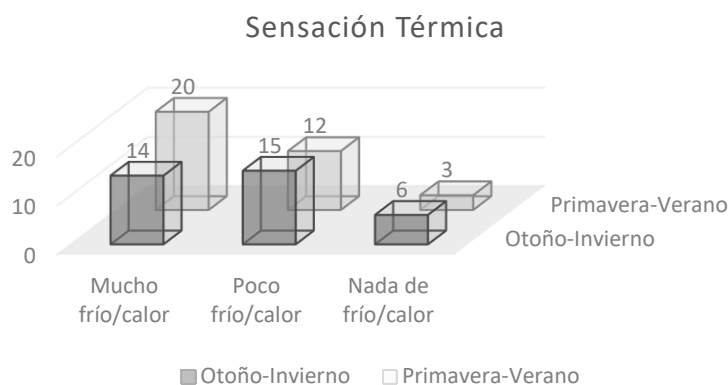
Las encuestas a niños de primer año permiten observar una mejor percepción del espacio y la sensación térmica dentro de su aula de clases con los dibujos que realizaron sobre si mismos dentro de su aula de clases. Ubicándose dentro del aula y dando una respuesta que parte de cómo se sienten dentro del aula.

Partiendo de la pregunta “Durante el ciclo escolar, ¿en cuál estación del año prefieres trabajar en tu salón de clases?” Se puede observar en la gráfica 4 que la estación preferente de los alumnos es primavera, al ser la opción seleccionada por 16 niños de los 35 niños encuestados en 1° grado.



Gráfica 4. Estación preferente para trabajar dentro del salón de clases, 1° grado. Fuente: Creación propia

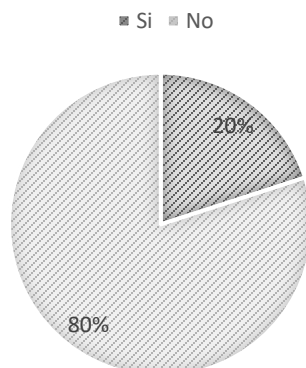
Después revisando la sensación térmica que tienen los alumnos en las temporadas de otoño-invierno y primavera-verano se puede observar los datos dentro de la gráfica 5, que en otoño-invierno se percibe el frío a una mayor o menor intensidad, pero los alumnos lo sienten (mucho 14 y poco 15). Mientras que en primavera-verano es mucho mayor la percepción del clima (mucho 20 y poco 12).



Gráfica 5. Sensación Térmica en Estaciones 1° grado. Fuente: Creación propia

Para la pregunta si se han sentido mal en el salón de clases a causa del frío o calor (gráfica 6), fueron 7 los que afirmaron que han tenido malestar por la condición climática y que afecta su estado de ánimo o salud.

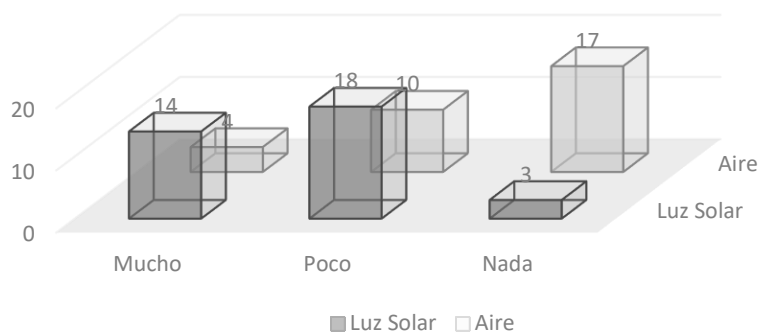
SENSACIÓN DE MALESTAR



Gráfica 6. Sensación de Malestar a causa de Frío o Calor 1º grado. Fuente: Creación propia.

También se puede notar que los alumnos tienen diferentes percepciones en cuanto la entrada de luz solar y aire dentro del aula. Sintiendo más la entrada de luz solar ya sea en mayor o menor cantidad, comparado con la entrada de aire, donde la mayoría no lo percibe (ver gráfica 7).

Percepción Sol y Aire



Gráfica 7. Percepción de entrada de Luz Solar y Aire 1º grado. Fuente: Creación propia.

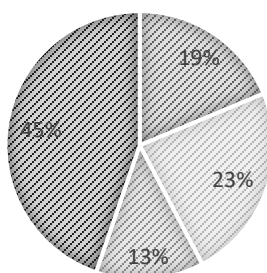
Las encuestas a alumnos de tercer y quinto año permitieron conocer de mejor manera el espacio físico del aula de clases y la sensación que los alumnos tenían en ciertos

momentos del día, así como las sensaciones que causaba la percepción del clima dentro del espacio.

Para la misma pregunta sobre cuál es la estación donde prefieren trabajar en clases (gráfica 8) los alumnos respondieron que es otoño, donde mejor se sienten dentro del aula.

ESTACIÓN PREFERENTE

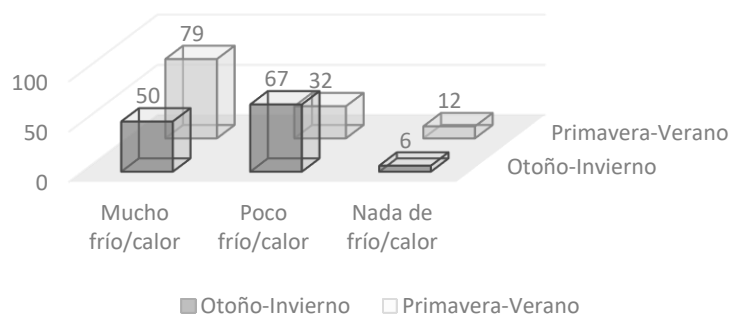
■ Invierno ■ Primavera ■ Verano ■ Otoño



Gráfica 8. Estación preferente para trabajar dentro del salón de clases 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

Para la sensación térmica percibida por los alumnos durante las temporadas de otoño-invierno y primavera-verano (gráfica 9) se puede observar que en otoño-invierno es poco el frío que se percibe, mientras que en la temporada de primavera-verano la percepción de mucho calor sobre pasa la mitad de los alumnos.

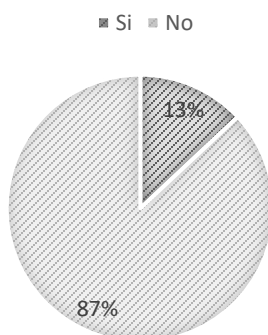
Sensación Térmica



Gráfica 9. Sensación Térmica en Estaciones 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

De los 123 alumnos que conforman los grados 3° y 5° que fueron seleccionados para este cuestionario, el 13% menciona que si se han sentido mal a causa del frío o calor (gráfica 10), y que los principales malestares han sido cansancio, somnolencia y mareo.

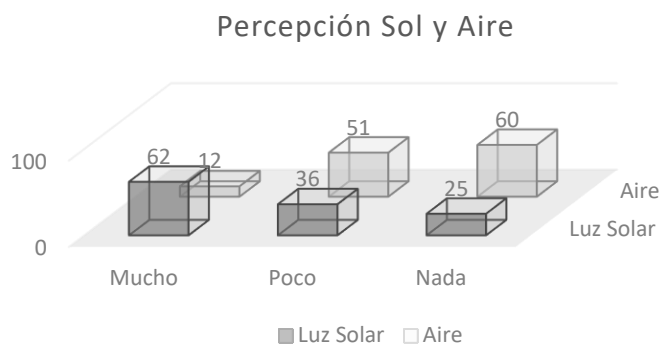
SENSACIÓN DE MALESTAR



Gráfica 10. Sensación de Malestar a causa de Frío o Calor 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

Las percepciones de entrada de luz solar y aire (gráfica 11) dentro del aula, son contradictorias, donde en ambos casos la mitad de los alumnos menciona que la entrada es mucho (luz solar) y nada (aire).

Nota. La entrada de luz solar en el grupo de 5° de la escuela 177 se percibe directa sobre los usuarios durante las horas de 3:00-6:00 pm, y es necesario cerrar cortinas y mover bancos para solucionar ese problema que afecta aproximadamente a la mitad de los estudiantes.

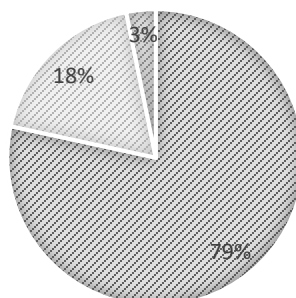


Gráfica 11. Percepción de entrada de Luz Solar y Aire 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

Al preguntar sobre la mejor hora para la concentración dentro del aula (ver gráfica 12), los alumnos respondieron que es al momento de entrada donde más atención prestan al estudio. Siendo después del receso donde menos atención se presta.

CONCENTRACIÓN EN CLASES

■ Al llegar a clases ■ Antes del receso ■ Después del receso

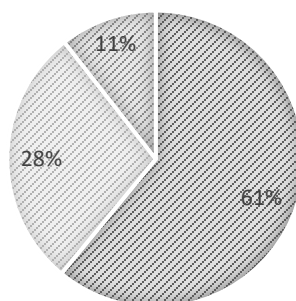


Gráfica 12. Concentración para el trabajo en clases de alumnos 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

Para mencionar que tan cómodos se sienten los alumnos (gráfica 13) se utilizó la misma percepción del tiempo que la pregunta anterior, con una respuesta similar, donde el mayor porcentaje se siente bien al llegar al salón de clases, y después del receso es cuando no tienen tan buen precepto sobre la comodidad.

SENTIMIENTO DE BIENESTAR

■ Al llegar a clases ■ Antes del receso ■ Después del receso



Gráfica 13. Momento del día donde se sienten bien 3° y 5° grado. Fuente: Creación propia.

Para las preguntas dedicadas a su escuela, área de juegos y área verde, el 89% quisiera un área con árboles y lugares donde poder jugar en la sombra. Los resultados obtenidos ayudan a entender cómo se sienten los niños dentro del espacio escolar, que tan bien cumple su función de ser un lugar dedicado al aprendizaje, y como ellos quisieran tener su salón de clases (ver imagen 33) que es un dibujo de un niño de Primer año.

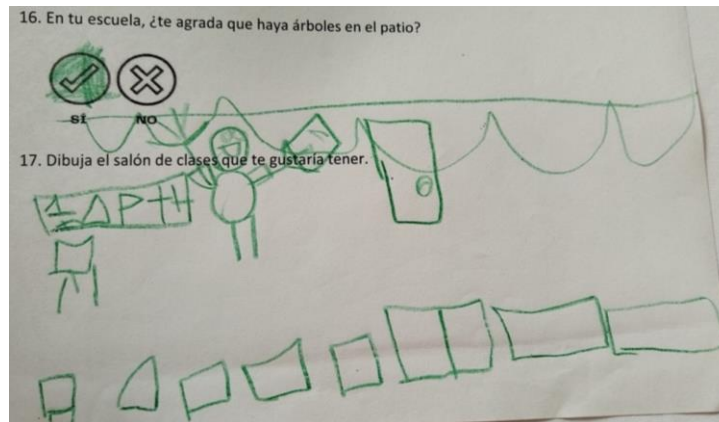


Imagen 33. Dibujo de 1° grado describiendo el salón que le gustaría tener. Fuente: Imagen del autor.

Profesores

Los cuestionarios a los profesores se pueden ver en los anexos, dando oportunidad de respuestas abiertas que complementan el tema. Una pregunta que dio diversas respuestas fue si se presentaban situaciones de incomodidad por altas o bajas temperaturas:

- “Falta de ventilación”
- “Bastante frio en invierno”
- “Era necesario poner techo en patio cívico”
- “No hay donde guardar”
- “Es agradable”

Al preguntar a profesores sobre el mejor momento para el aprendizaje de alumnos en el aula, ellos mencionaron que los horarios cercanos al medio día era el horario en donde los alumnos se encontraban más inquietos o distraídos. Y que el mejor horario para el

trabajo en clases es al momento de empezar la jornada escolar 8:00 am para el turno matutino y 1:30 pm para el turno vespertino.

De los profesores encuestados el 83% de las escuelas que están a cargo de la Compañía Ford, prefiere trabajar en este tipo de escuelas, por el clima de armonía que se presenta, así como los apoyos que la empresa brinda para mejorar ese ambiente de trabajo:

- Becas a estudiantes para inscripciones o pagos extras necesarios
- Apoyos económicos para uniformes y útiles escolares
- Programas de actualización a profesores
- Apoyos y recompensas para alumnos sobresalientes y profesores
- Equipamiento tecnológico para el aprendizaje
- Actualización de programas y softwares
- Detalles por actividades como Navidad, Día del Niño y Día del Maestro

Uno de los comentarios que se dio fue sobre las actividades que se realizan para mejorar la sensación de comodidad de los alumnos es el tener que mover constantemente los bancos por la entrada de luz solar directa que tienen en algunas aulas (lo cual se percibe en las aulas de 4°, 5° y 6° de la escuela primaria 177). También en esta misma escuela se comentó que es necesario tener siempre abiertas puerta y ventanas y algunas veces prender el ventilador para mejorar el ambiente. Además, que todas las escuelas visitadas contaban con ventiladores y que se ponen en funcionamiento en caso necesario. Así mismo las aulas cuentan con dispositivos como cortinas o persianas. Y para su seguridad cuenta también con protecciones de herrería.

También es necesario señalar que algunos profesores mostraban interés por el tema que se está estudiando y en general todos colaboraron para realizar dichas encuestas.

Capítulo 1
Planteamiento
del objeto de
estudio

Análisis de participación y Factores del Confort Térmico

Los participantes directos e indirectos que se identifican son los grupos de actores que están involucrados por el proyecto. Estos se pueden clasificar en dos vertientes (ver tabla 8) que son los Directos los cuales están totalmente involucrados con el proyecto día a día y los Indirectos que son los que en su momento se involucran bajo ciertas circunstancias.

Directos

1. Alumnos y docentes= Usuarios
2. Autoridades y Padres de Familia= Dirección

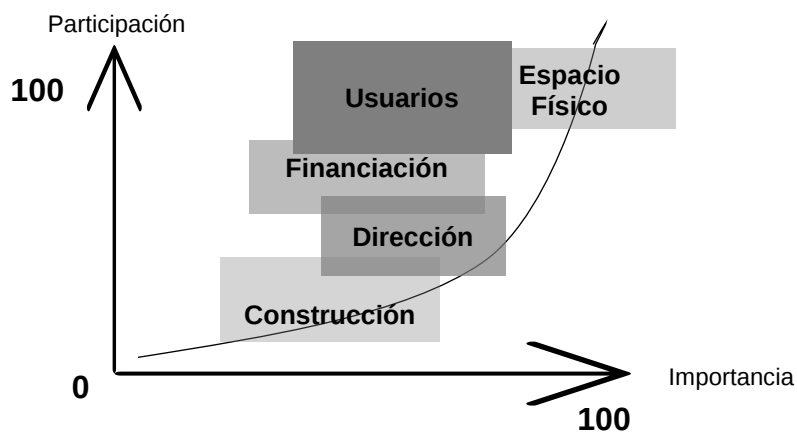
Indirectos

3. IEIFE= Construcción
4. Compañía FORD= Financiación
5. Escuela FORD= Espacio Físico

Tabla 8. Actores Involucrados en Proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Directos	Indirectos
• Usuarios • Dirección	• Construcción • Financiación • Espacio Físico

El nivel de participación e importancia se puede obtener de las visitas a las escuelas y los diferentes cuestionarios que se realizan a las autoridades de (ver gráfica 14).



Gráfica 14. Nivel de participación e Importancia de los actores del proyecto. Fuente: Elaboración propia

La interacción de los factores involucrados en el proyecto que miden y afectan la sensación del confort térmico en las aulas escolares tipo Ford se pueden observar en la siguiente imagen (34) estos son obtenidos después de un análisis que afectan la planificación, la ejecución y el buen uso del espacio.

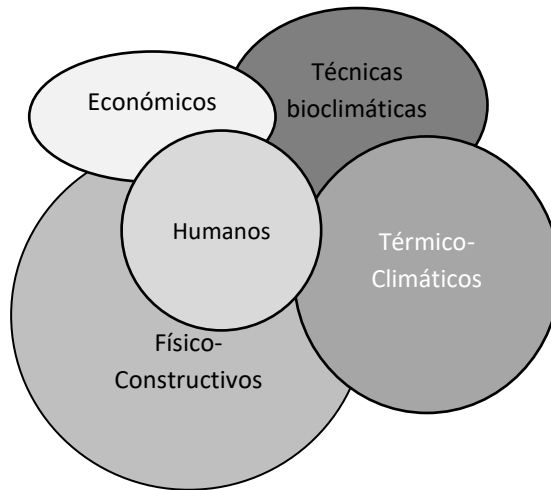


Imagen 34. Factores involucrados en el confort térmico del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que los factores más significativos son los Físico-Constructivos que describen perfectamente el espacio donde se estará trabajando. Posteriormente los Factores Térmicos-Climáticos son los que toman relevancia al describir el lugar y ubicación del espacio. El punto central son los factores humanos que corresponden a los usuarios: alumnos y profesores, así como las condiciones individuales de cada uno y las actividades que se realizan. Todo eso tiene como fin la utilización de técnicas bioclimáticas que ayuden a mejorar esa sensación del confort térmico ideal, y pasan por supuesto también con los factores económicos involucrados en toda la gestión de edificación de aulas y educación (ver tabla 9).

Tabla 9. Descripción de factores involucrados en el confort térmico del proyecto. Fuente: Elaboración propia

Factores Térmicos-Climáticos	Al medir el clima interior térmico, es importante recordar que el hombre no siente la temperatura de la habitación, él siente la pérdida de energía del cuerpo	Geolocalización	• Ubicación • Temperatura ambiente • Viento • Asoleamiento • Lluvia • Humedad
		Confort térmico	• Temperatura del aire • Humedad relativa • Temperatura del aire • Temperatura radiante • Concentración de Dióxido de carbono • Actividad física • Vestimenta
Factores Físicos-Constructivos	Factores de medición sobre la construcción del plantel educativos en diversas localizaciones	Sistema Constructivo base	• Diseño del espacio educativo • Construcción • Materiales de Construcción • Constitución de material • Compra/Valor económico
Factores Económicos	Apoyos económicos desde Gobiernos Federales y estatales, así como los programas de recuperación de espacios educativos	Recursos	• Apoyo Federal • Apoyo Estatal • Apoyo de Padres de Familia • Apoyo de Programas
		Responsabilidad	• Arquitecto • Constructores • Director de plantel • Padres de familia
Factores Humanos:		Usuarios	• Docentes • Alumnos
		Aspectos Fisiológicos	• Edad • Sexo • Peso • Salud
		Actividades	• Aprendizaje mediante libros • Aprendizaje mediante pantallas didácticas • Actividades de relajación • Actividades de movimiento

Esquema de involucrados

Es necesario conocer los intereses de cada grupo de actores, así como los problemas percibidos junto a un espacio educativo, y su nivel de participación (Ver tabla 10). De esta manera la organización para adentrarse en el problema será más sencilla al tener los grupos de actores identificados.

Tabla 10. Análisis de Involucrados. Fuente: Elaboración propia

Grupos actores	Intereses	Problemas percibidos	Mandatos y recursos
Alumnos	-Proceso de enseñanza-aprendizaje en un espacio educativo	-Incremento en la demanda de usuarios -Adecuaciones al programa educativo de SEP -Falta de concentración por interacciones climáticas	-Autoridades escolares permisivas -Esquemas educativos piloto -Espacio educativo
Docentes	-Proceso de enseñanza-aprendizaje en un espacio educativo	-Probable disminución en la calidad académica -Pocos recursos académicos como métodos de enseñanza -Estrés térmico en alumnos horarios determinados	-Autoridades escolares locales y externas -Autoridades escolares locales y externas -Instituto constructor de aulas
Autoridades Escolares	-Vigilar la calidad de la enseñanza -Mantenimiento adecuado de las construcciones	-Probable disminución en la calidad académica -Estrés térmico en horarios determinados	-Autoridades escolares locales y externas -Instituto constructor de aulas
Padres de Familia	-Adecuada preparación escolar para sus hijos	-Probable disminución en la calidad académica	-Exigencia de mejoras en los resultados académicos
IEIFE	-Proporcionar espacios adecuados dedicados a la educación	-Recursos económicos por donación limitados	-Normativa del IEIFE para la construcción de prototipos no convencionales
Compañía Ford	-Generar mediante aportaciones mejores condiciones educativas en algunos centros escolares de la ciudad	-Recursos económicos por donación limitados	-Fundación Ford
Escuela Ford	-Espacio físico para el desarrollo de la educación	-Forma física arquitectónica universal en cualquier ubicación	-Fundación Ford, IEIFE,

Las estrategias que presenta cada grupo de actores directos o indirectos, con respecto al espacio educativo se ve con la participación y uso que tienen:

- Alumnos: Realizar actividades académicas en un espacio en condiciones térmicas adecuadas
- Docentes: Promover la mejor calidad educativa posible en el espacio físico.
- Autoridades escolares: Vigilar el cumplimiento de los programas educativos implementados por la SEP

- Padres de Familia: Acceder a las mejores condiciones educativas para sus hijos
- IEIFE: Monitorear las condiciones físicas y térmicas al interior de los espacios educativos y generar propuestas para mejorar las mismas
- Compañía Ford: Cubrir las expectativas de generar espacios educativos adecuados
- Escuela Ford: Presentar el espacio físico destinado a las actividades académicas de educación Primaria.

Identificación del problema

El estado de San Luis Potosí cuenta con una geografía muy beneficiosa para mantener condiciones climáticas propicias para la vida humana y sus actividades, pudiendo llegar a extremos en diversos meses del año. Por lo que es necesario revisar un histórico de los cinco años anteriores (ver tabla 11) para revisar la temperatura promedio percibida.

Tabla 11. Descripción de Temperaturas en San Luis Potosí 2015-2020. Fuentes: CONAGUA (Servicio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua), 2021

Fecha	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	T. Max.	T. Min.	T. Max.	T. Min.	T. Max.	T. Min.	T. Max.	T. Min.	T. Max.	T. Min.	T. Max.	T. Min.
Enero	22,65	5,61	22,08	1,53	23,51	0,54	19,82	2,04	23,75	0,04	22,38	2,09
Febrero	24,10	6,23	25,98	1,81	25,60	1,83	19,94	3,00	26,59	1,22	21,81	6,55
Marzo	25,00	7,97	26,76	3,82	27,91	4,19	25,55	3,48	28,85	3,67	27,44	5,89
Abril	29,92	11,70	30,06	7,82	30,57	7,08	27,32	8,19	31,85	8,93	29,19	7,35
Mayo	30,21	12,10	29,87	11,86	30,03	11,48	31,24	10,75	32,63	10,86	28,86	10,65
Junio	28,14	13,19	27,61	13,03	29,00	13,47	29,60	13,57	29,44	12,42	33,13	12,62
Julio	27,45	12,67	25,59	13,05	29,19	12,51	24,89	14,92	26,06	13,66	26,23	13,67
Agosto	28,13	11,92	27,89	11,92	28,19	12,84	27,05	13,24	28,04	12,62	28,28	11,07
Septiembre	25,36	11,97	21,57	13,28	25,33	14,52	27,06	13,68	26,81	10,47	25,84	12,20
Octubre	25,23	6,43	22,64	8,06	25,31	10,86	26,64	5,20	25,47	5,44	26,50	7,94
Noviembre	23,29	3,93	22,75	2,18	22,46	4,04	24,93	0,59	24,78	2,98	24,84	7,33
Diciembre	25,07	2,46	23,69	-0,41	22,49	3,81	23,36	-3,28	24,05	2,39	22,91	4,18

La temperatura media de 18.1°C, el mes más cálido es junio del 2020 con una máxima de 33.13°C y mínima -3.28°C en el mes más frío de diciembre de 2018.

En cuanto a humedad relativa, se registran promedios anuales de 82.4% máxima, 60.2% media y 38.0% de mínima, el mes más húmedo es julio con 86.8% y el mes más seco es marzo con 31.5% (CONAGUA, 2021).

En cuanto al soleamiento se registra con mayor radiación a marzo con 322.5h y mayo con 321.4h, con menor radiación enero con 197.6h y con un potencial de soleamiento de la superficie horizontal anual promedio de 30,420.87 w/m² (CONAGUA, 2021).

La temperatura de confort estimada para San Luis Potosí es de 23.2°C, el déficit acumulado de grados de temperatura por debajo de 19° de confort mínimo es de 305.00 días grado calefacción, el superávit acumulado de temperatura por arriba de 27° de confort máximo es de 223.00 días. El ser humano requiere para su óptimo desempeño una temperatura ambiente de 24°C y las condiciones del entorno con una temperatura de 30°C, entonces queda una condición residual de 6°C (Aguillón, 2007).

Análisis de problemas

La población estudiantil y de profesores pasan un promedio de 25 horas a la semana en una misma aula generando que los estudiantes se apropien del espacio con el uso que cotidianamente estos hacen del mismo. Las actividades escolares y académicas usualmente se realizan en un mismo espacio a lo largo del día.

El problema del estrés térmico y su efecto directo sobre los usuarios consiste en definir el nivel de bienestar de estos, a partir de las condiciones climáticas del sitio para definir diversas soluciones, según el análisis de los datos siguientes (Aguillón, 1996):

- datos climáticos (temperatura, humedad relativa, la radiación solar y los efectos del viento),
- evaluaciones biológicas (sensaciones humanas y gráficas bioclimáticas), y
- aspectos físicos y técnicos (elección del lugar, orientación, forma de viviendas, movimientos del aire, planes o gráficas de temperatura)

Para continuar con la descripción del problema es necesario conocer el lugar por lo que se efectuaron visitas a las escuelas Ford del Estado de San Luis Potosí con la finalidad de reconocer las características generales de las primarias.

El primer acercamiento se dio mediante búsqueda cibernética de ubicación de cada escuela, así como una vista área y visita física del lugar (ver imágenes 35-4) con la aplicación de googlemaps.

Escuelas Ford en San Luis Potosí



Imagen 35. Escuela Ford 51, Vista aérea y fachada principal. Soledad de Graciano Sánchez, Calle 21 de marzo 101, Col. Benito Juárez. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.



Imagen 36. Escuela Ford 67, Vista aérea y fachada principal. San Luis Potosí, Obrero Mundial 308, Col. Juan Sarabia. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.

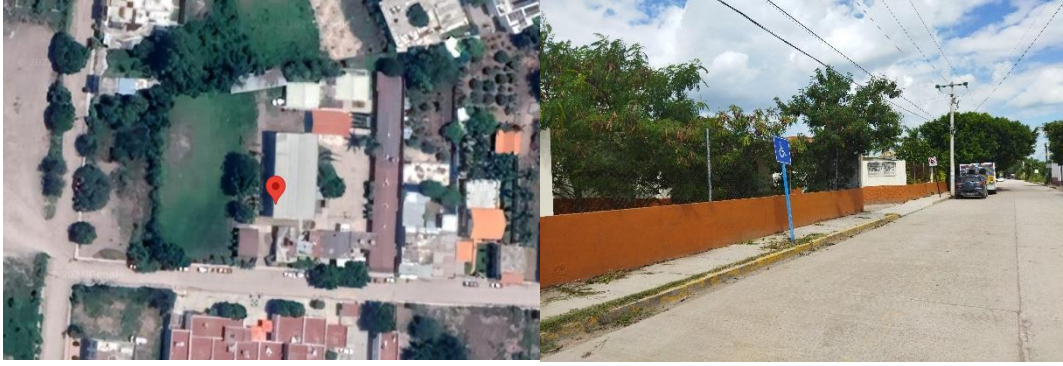


Imagen 37. Escuela Ford 93, Vista aérea y fachada principal. Río Verde, Ejercito Nacional 104, Col. San Miguel. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.



Imagen 38. Escuela Ford 104, Vista aérea y fachada principal. Río Verde, Ignacio Zaragoza 918, Col. San Antonio. Fuente: Googlemaps e imagen del autor



Imagen 39. Escuela Ford 176, Vista aérea y fachada principal. Soledad de Graciano Sánchez, Sierra Grande 177, Col. La Sierra. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.



Imagen 40. Escuela Ford 177, Vista aérea y fachada principal. San Luis Potosí, Pról. El Aguaje 305, Fracc. Salk II. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.



Imagen 41. Escuela Ford 196, Vista aérea y fachada principal. Villa de Zaragoza, Pista 100, La Sauceda. Fuente: Googlemaps e imagen del autor.

Cabe destacar que, las escuelas primarias Ford en San Luis Potosí durante la pandemia, los niños no asistieron a clases. Después se inició el protocolo híbrido y por último se reanudaron las clases presenciales. Durante ese tiempo el comité cívico no dejó de operar y trabajar en la reconstrucción de escuelas, también se brindó capacitación virtual a los profesores, y fueron encargados todavía de proporcionar un retorno seguro a las aulas, con los insumos necesarios como alcohol, jabón, cubrebocas y caretas (Villa, 2021).

Desarrollo social

Las variables sociales son características particulares de una comunidad de habla en específico que a su vez se condicionan por factores sociales de la misma, dentro de estas se encuentran el costo, nivel de académico, población estudiantil, clase social, etc.

Para empezar con el estudio del bienestar social es necesario conocer cuáles son las variables necesarias (ver tabla 12).

Tabla 12. *Análisis de Variables Sociales y Económicas. Fuente: Elaboración propia*

Variable	Descripción	Como analizar
Cuotas de Ingreso	Análisis de costo de ingreso a la escuela Ford en comparación con escuelas primarias públicas y escuelas primarias privadas en la zona	Investigación de cuotas de anualidad, mensualidad, libros, uniformes, cuotas de padres de Familia, eventos y otros.
Demanda estudiantil	Análisis de la demanda de ingreso de alumnos cada año desde su inauguración hasta la fecha.	Investigación en escuela sobre la preinscripción a su inscripción final de alumnos.
Oferta estudiantil	Análisis de la oferta de cada escuela para alumnos, desde su año de inauguración hasta la fecha.	Investigación en escuela sobre la inscripción anual de alumnos y la capacidad en cada aula.
Resultados académicos	Análisis de Alumnos destacados	Investigación en la escuela o web sobre alumnos con buen desempeño académicos.
	Total, de alumnos que siguen estudiando a nivel secundaria, egresados de la escuela Ford.	Investigación en la escuela sobre entrega de contactos para seguir estudiando a nivel secundaria.
	Resultados académicos con respecto a otras escuelas primarias de la zona	Investigación en la escuela sobre los resultados académicos anual.
Costos de mantenimiento	Disposición de efectivo anual por parte del comité cívico de Ford a cada escuela.	Investigación en la escuela sobre el aporte de efectivo del comité cívico de Ford.

Estas variables junto con su forma de obtención brindan un enfoque social al proyecto ya desarrollado por la empresa Ford, donde se ven involucrados los recursos sociales y económicos de la misma empresa.

La localización de las Escuelas Ford se desarrolla en los perímetros de la ciudad, brindando un apoyo extra a la población con pocos recursos económicos. La Escuela Primaria Ford 104 de Río Verde atiende 288 alumnos, la Escuela Primaria Ford 177 de San Luis Potosí tiene 386 alumnos y la Escuela Primaria Ford 196 de Villa de Zaragoza tiene 182 alumnos. Entre escuelas privadas y públicas la escuela Ford 104 tiene 2 primarias cercanas, la escuela Ford 177 tiene 5 primarias cercanas y la escuela Ford 196 tiene 5 primarias cerca (ver imágenes 42-44).

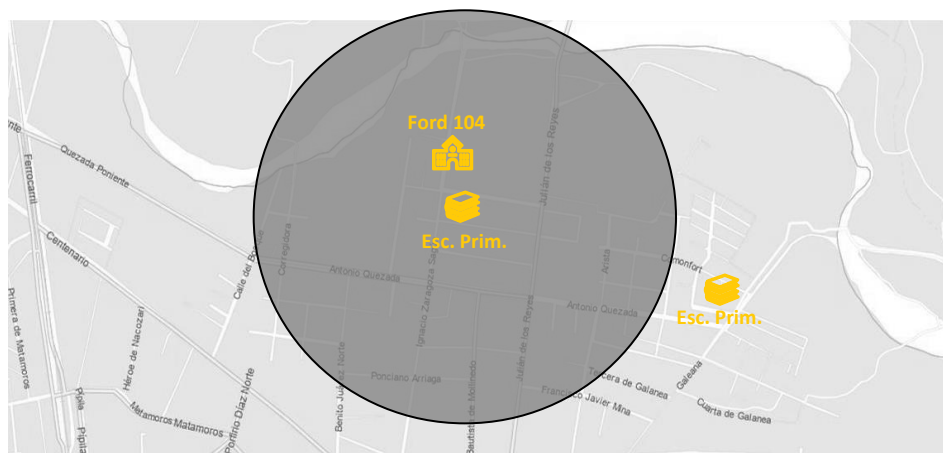


Imagen 42. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 104, Río Verde. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022

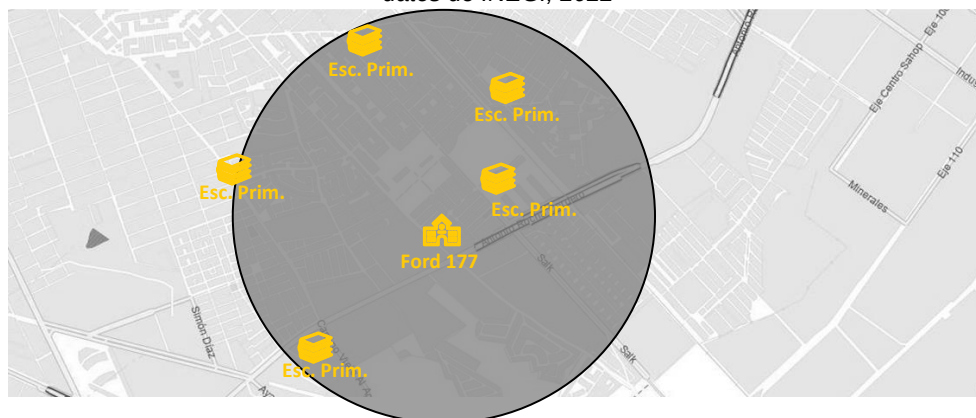


Imagen 43. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 177, San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022

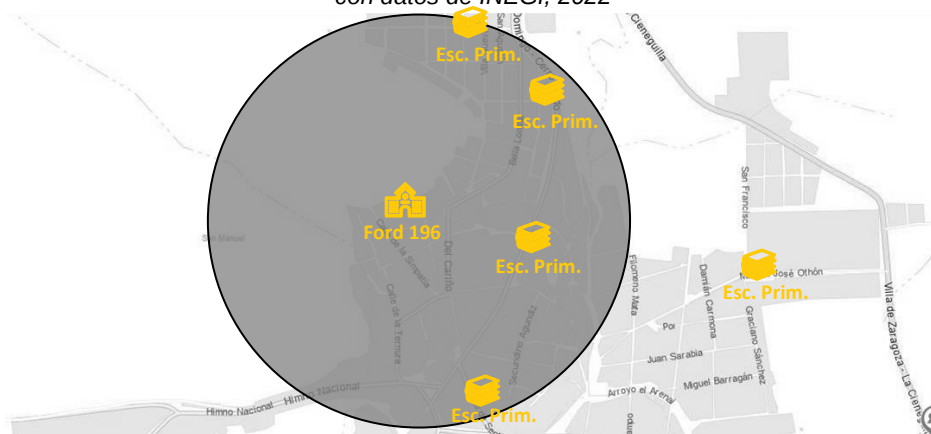


Imagen 44. Área de influencia de Escuela Primaria Ford 196, Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2022

La población con edad estudiantil entre los 6-13 años para educación primaria en las colonias donde se localizan todas las escuelas Ford que hay en el estado de San Luis Potosí, dan espacio para 3,501 alumnos en el ciclo escolar 2022-2023 (ver tabla 12) de los 19,639 estudiantes. Además, a lo largo de 50 años desde su llegada las escuelas Ford al estado han tenido alrededor de 80,000 estudiantes (*fordseocupa.mx*, 2022).

Tabla 13. Población Estudiantil en las colonias cercanas a Escuelas Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2020, SEGE y Fordseocupa.mx

No. de Escuela	Municipio	Colonia	Número de Escuelas cercanas	Total de Población en la colonia	Población de Escuela Ford
51	Soledad de Graciano Sánchez	Benito Juárez	3	3,209	816
63	San Luis Potosí	Juan Sarabia	2	2,200	503
93	Río Verde	San Miguel	1	1,432	383
104	Río Verde	San Antonio	2	1,978	288
176	Soledad de Graciano Sánchez	La Sierra	4	4,000	943
177	San Luis Potosí	Salk II	5	4,320	386
196	Zaragoza	Zaragoza	5	2,500	182
Total			22	19,639	3,501

Recursos económicos

El proyecto de construcción de una escuela Ford en San Luis Potosí se desarrolla con el respaldo técnico y financiero de los especialistas de Ford y la responsabilidad de las normas y requerimientos de IEIFE.

Los recursos para la construcción y mantenimiento de las escuelas no se obtienen de donaciones ni de apoyos de organizaciones o compañías, sino de la misma empresa con la creación de vehículos, cada coche que sale a piso de ventas de las agencias Ford aporta una cuota para este programa.

Los sustentos que la escuela Ford proporciona con la creación de una escuela van directamente a alumnos y docentes de cada institución con:

- Construcción y mantenimiento de escuela primaria con educación gratuita en base a los lineamientos de la SEP.

- Apoyo económico con uniformes para alumnos y docentes.
- Apoyo económico con útiles escolares para los alumnos.
- Capacitación regularizada para docentes.
- Tecnología para mejorar los sistemas de educación.
- Becas a alumnos que salen de primaria y pasan a secundaria, como forma de apoyo económico para que no dejen de estudiar.

Las escuelas primarias se pueden clasificar en tres diferentes opciones, Privada, Públicas y Ford. Aunque las escuelas primarias Ford también son escuelas públicas estas piden un costo por inscripción voluntaria, además brindan un beneficio al contar con casi toda la población estudiantil con beca económica para continuar con sus estudios (ver tabla 14). Las cuotas de extras son apoyos a asociación de padres de familia, libros, útiles escolares, uniformes y material didáctico inmediato.

Tabla 14. Costo Anual Promedio de Educación Primaria. Fuente: Elaboración propia, con datos de censo escolar y entrevistas en escuelas cercanas de la localidad.

TIPO DE ESCUELA	INSCRIPCIÓN	MENSUALIDAD	EXTRAS	APOYOS	TOTAL
PÚBLICA			\$1,868.18	10-20%	\$1,868.18
PRIVADA	\$4,391.50	\$1,863.33	\$3,845.83	20-50%	\$26,870.67
FORD	\$1,000.00		\$1,500.00	50-100%	\$2,500.00

Gracias a la tabla anterior se puede observar que las escuelas privadas requieren una inversión mayor para inscripción, mensualidades y cuotas extras. Las escuelas públicas incluyendo las escuelas Ford requieren de pagos menores y regularmente se solicitan al inicio de cada ciclo escolar. En específico las escuelas Ford requieren de cuotas de ingreso, que son mayores que una escuela enteramente pública, pero comparando con una escuela privada, esta es una cuarta parte que la cuota de inscripción anual. No cuentan con pagos mensuales, y el apoyo cubre desde la mitad de los alumnos hasta el 100% del total.

Bienestar Social

La función de bienestar social contempla a todos los involucrados en el proyecto de las Escuelas Ford, así como el servicio brindado, que este proyecto es el punto central, también el momento donde se desarrolla (ver imagen 45).

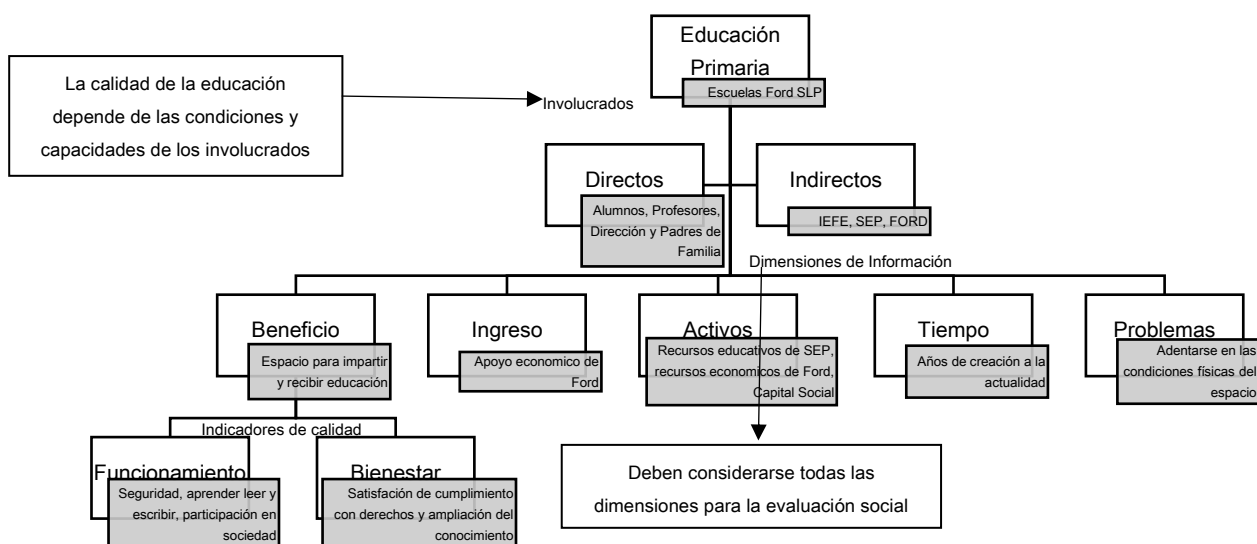


Imagen 45. Esquema para la medición del bienestar. Fuente: Elaboración propia.

Revisando el esquema se puede dar prioridad a los beneficiarios: los alumnos al recibir la educación en una escuela equipada con lo necesario y los profesores al tener un espacio donde impartir la educación.

El problema principal cuando se empieza a revisar el esquema es de alumnos y docentes, y su sensación adecuada o inadecuada para desarrollar sus actividades, el cual parte de los propios usuarios y las características físicas y técnicas del espacio, las causas van desde el incremento en el número de usuarios, la distracción que estos generan con otros alumnos o las sensaciones térmicas que perciben en determinadas horas del día. Por su parte las características físicas del espacio participan significativamente en el aprovechamiento de los recursos educativos.

Árbol del problema

Gracias a las visitas y entrevistas a alumnos y profesores realizadas en las escuelas se puede determinar que las sensaciones térmicas que alumnos y docentes presentan a lo largo del año son muy variadas, por lo que es necesario conocer a detalle las causas que generan que exista estas variaciones por la sensación térmica (ver imagen 46).

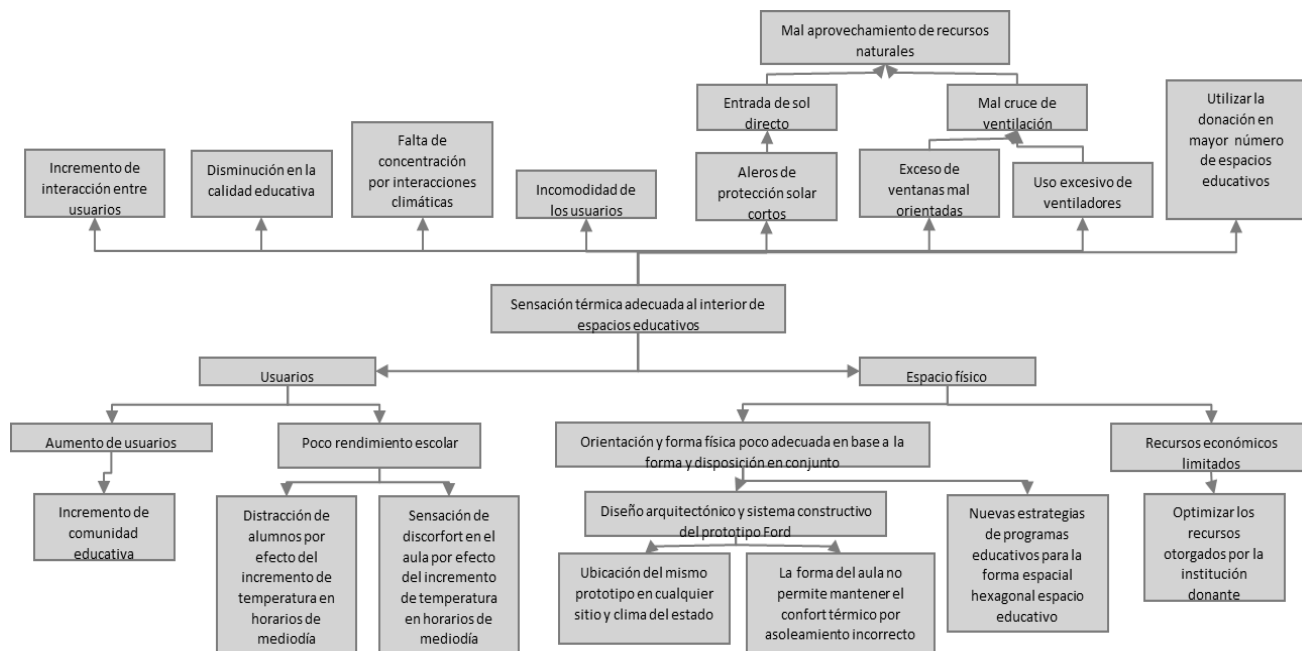


Imagen 46. Árbol del Problema. Fuente: Elaboración propia

El problema central en alumnos y profesores parte de la sensación del confort térmico, que es generado por los propios usuarios y las características físicas y técnicas del espacio, las causas van desde el incremento en el número de usuarios, la distracción que estos generan con otros alumnos, la falta de movimiento del aire o las sensaciones térmicas que perciben en determinadas horas del día, principalmente en verano o invierno donde las temperaturas del exterior son extremas y la ventilación no es la suficiente.

Por su parte las características físicas del espacio participan significativamente en el diseño arquitectónico de planta hexagonal que maneja la fundación Ford en la donación de las aulas, la ubicación y de estos recursos con los que cuenta la compañía supervisora.

Los efectos que de manera preliminar se perciben son la interacción permanente entre los usuarios, las estrategias educativas seleccionadas según la forma del espacio físico, la escasa concentración que presentan los alumnos, debido a las temperaturas y concentración de dióxido de carbono en determinadas horas del día. De igual manera la forma del espacio físico repercute en el aprovechamiento de los recursos educativos.

Planteamiento del problema

El confort térmico en las aulas escolares Ford debe ser estudiado, ya que depende entre otras variables de la ubicación, la temperatura del aire, la concentración de dióxido de carbono, la humedad del aire y de la envolvente del espacio o grupo de aulas. De allí, nace el reto de realizar un estudio específico de geolocalización y del clima, así como su efecto generado sobre los usuarios para evaluar y controlar el confort térmico del sitio de estudio, resaltando que su construcción se realiza sin considerar todos los parámetros.

Lo anterior se manifiesta por la geometría del espacio, donde no se consideraron los factores climatológicos básicos que inciden en la habitabilidad y el confort interior lo cual genera ambientes térmicos inadecuados que perjudican las condiciones de aprendizaje en este tipo de espacios.

Los resultados de las entrevistas realizadas al personal de Recursos Humanos perteneciente al IEIFE y también a los directores de planteles escolares de San Luis Potosí, en donde se confirma que existe inconformidad respecto al confort térmico al interior del espacio educativo.

Por lo que es necesario determinar que el tema central de este proyecto de intervención parte de la siguiente pregunta.

***¿Cómo mejorar la sensación de confort térmico interior en aulas escolares
Ford de San Luis Potosí con estrategias bioclimáticas?***

Las personas pueden perfeccionar a menudo su propio confort térmico adecuando la ropa, y en los espacios se mejora el confort térmico al abrir o cerrar las puertas y ventanas, pero en ocasiones no es suficiente, por lo que se empieza a revisar un sistema que no solo ayude a mejorar el confort, sino que también pretenda dar solución a problemas del medio ambiente y por supuesto permita dar vida útil a la edificación.

Análisis de objetivos

Identificando la pregunta anterior que parte del árbol de objetivos es posible determinar que la falta de estudios climáticos y de geolocalización al momento de empezar la construcción de espacios educativos, genera problemas en el uso y climatización de estos. Cuando se concibe la idea de que un salón de clases puede ser igual en cualquier localidad y clima del país, es posible denotar incomodidad entre alumnos y personal docente que día a día habitan el espacio, como lo es *el discomfort térmico o estrés térmico*, y que se refieren a la “incomodidad de realizar una actividad en determinado espacio” (tusaludnoestaennomina, 2021).

Conociendo el problema central debemos convertirlo en propósito central, generando preguntas desde lo negativo para encontrar respuestas positivas con el árbol de soluciones u objetivos, donde las causas pasan a ser los medios y las hojas se transforman en fines.

Árbol de objetivos

El propósito central del problema a resolver parte de la sensación inadecuada al interior de los espacios educativos, con los participantes y el espacio físico de las aulas (ver imagen 47).

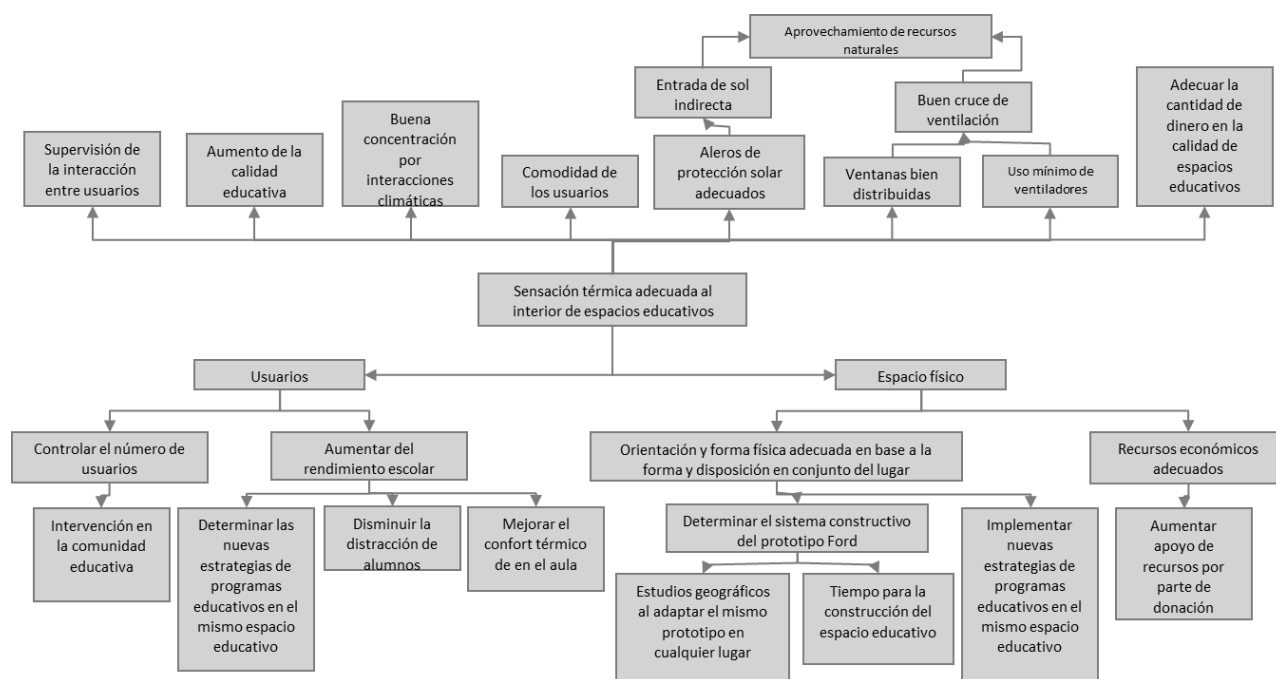


Imagen 47. Árbol de Objetivos. Fuente: Elaboración propia

Para lograr que los usuarios tengan una mejora en la sensación térmica es necesario tener una intervención en la comunidad educativa, para aumentar el rendimiento escolar se debe determinar mejoras en las estrategias educativas, disminuir la distracción de alumnos mejorando el confort térmico en el aula.

Mientras que en el espacio físico se debe realizar estudios climatológicos y de localización geográfica de los prototipos Ford y darle el tiempo adecuado a analizar antes de su reconversión y así como aumentar el apoyo financiero para las adecuaciones técnicas y bioclimáticas. Obteniendo los fines por parte de los usuarios con una buena concentración, aumentando la calidad educativa y supervisando la interacción de estos.

Por la parte física se determina en el aprovechamiento de los recursos naturales y optimizando los recursos económicos en cuanto a la calidad de los espacios educativos.

El objetivo es desarrollar una propuesta constructiva mediante análisis y visualización de sistemas y herramientas, usadas para mejorar las condiciones térmicas al interior de los espacios educativos para este caso las aulas Ford de San Luis Potosí, a través de dispositivos de aislamiento y enfriamiento térmico, teniendo en cuenta las características climáticas y el diagnóstico del inmueble.

Análisis de alternativas de solución

Para determinar las alternativas de solución es preciso revisar el árbol de objetivos, viendo estos objetivos desde su participación, las acciones a tomar en cuenta y los conocimientos que estos requieren para su ejecución. Son 5 las alternativas observables (ver imagen 48) y cada una de estas alternativas se agrupan con un objetivo en común.

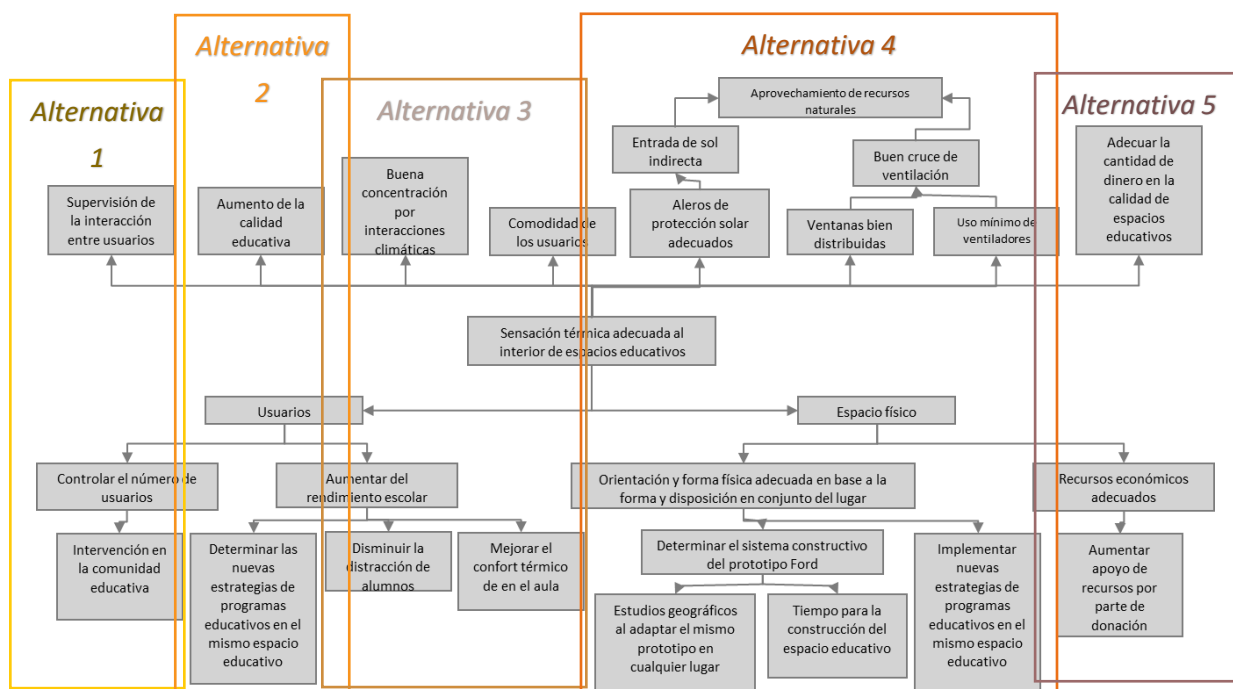


Imagen 48. Alternativas de solución a ejecutar. Fuente: Elaboración propia

Las alternativas se presentan en la siguiente tabla 15. Así como los medios y grupos de actores que intervienen para lograr tal objetivo. El objetivo surge de lo que se busca lograr, como describir la relación de los problemas en conjunto para alinear el estudio y dar respuestas que puedan ser aplicadas.

Tabla 15. Alternativas de solución a ejecutar. Fuente: Elaboración propia

Alternativas	Objetivos	Medios	Intervención
Alternativa 1	Control de usuarios	Intervención en la comunidad educativa	Dirección Profesores Padres de Familia
Alternativa 2	Aumento del rendimiento escolar	Determinar las nuevas estrategias de programas educativos en el mismo espacio educativo	Dirección Profesores Padres de Familia SEP
Alternativa 3	Aumento del rendimiento escolar	Concentración de alumnos debido a la comodidad en el espacio educativo	Profesores Espacio Educativo IEIFE (Construcción y Diseño) Constructores
Alternativa 4	Sistema constructivo del prototipo Ford	Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar	Espacio Educativo IEIFE (Construcción y Diseño) Constructores Compañía FORD INIFED
Alternativa 5	Recursos económicos adecuados	Aumento del apoyo de recursos por parte de donación	Compañía FORD SEP INIFED

Después de revisar las diferentes alternativas y los grupos que intervendrán se realiza un filtro con los factores y criterios siguientes para determinar cuáles serán parte de este proyecto de intervención:

- Tiempo de acción
- Personal de intervención
- Costos y apoyos económicos
- Conocimientos de la materia

Obtenido solo 2 alternativas donde se puede abordar este proyecto de intervención, que son descritas en la tabla 16, también unido a la descripción de las acciones que se debe desarrollar en cada alternativa y los objetivos.

Tabla 16. Alternativas de acción. Fuente: Elaboración propia

Alternativas	Objetivos		Acciones
Alternativa 3	Aumento del rendimiento escolar	Concentración de alumnos debido a la comodidad en el espacio educativo	-Capacitar docentes para mantener la atención de alumnos -Dar mantenimiento a los espacios ya construidos -Distribuir alumnos a lo largo del espacio educativo -Adecuar el espacio educativo a las necesidades de estudio-aprendizaje -Implementar la ventilación e iluminación natural y adecuada -Mejorar el mobiliario y área de guardado para los alumnos -Ampliar y cuidar áreas verdes de la escuela
Alternativa 4	Sistema constructivo del prototipo Ford adecuado	Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar	-Realizar estudios físicos al adaptar el mismo prototipo en cualquier lugar -Programar el tiempo para la construcción y diseño del espacio educativo -Implementar materiales adecuados a la construcción -Dar mantenimiento a los espacios ya construidos -Mejorar y reubicar el mobiliario y área de guardado para los alumnos -Ampliar y cuidar áreas verdes de la escuela primaria.

Después de analizar los objetivos, alcances, delimitantes y acciones a realizar se puede dar solución a dos alternativas:

- Aumentar del rendimiento escolar
- Mejorar el aislamiento térmico en el prototipo Ford

Por último, se ven las estrategias de acción de cada una de las alternativas seleccionadas, que son descritas en la tabla 17, dando respuesta al problema planteado.

Tabla 17. Estrategias de solución. Fuente: Elaboración propia

Problema	Estrategias		
Sensación térmica adecuada al interior de espacios educativos	Aumentar del rendimiento escolar	Mejorar la atención de alumnos debido a la comodidad en el espacio educativo	-Revisar los espacios educativos en cuanto a su forma física y actividades a realizar al interior, también horarios de dichas actividades
			-Dando mantenimiento a los espacios ya construidos desde una perspectiva constructiva
			-Considerando y adecuando los espacios educativos con la ventilación e iluminación natural
	Mejorar el aislamiento térmico en el prototipo Ford	Determinar mecanismos bioclimáticos y componentes constructivos para mejorar el confort térmico interior del espacio educativo	-Revisando el mobiliario para las actividades, así como el área de guardado, dando las reparaciones y cambiando si es necesario
			-Ampliando y cuidando las áreas verdes de la escuela para mejorar la sensación de confortabilidad de los usuarios
			-Realizando estudios físicos del lugar al adaptar el prototipo de escuela FORD y dando los cambios necesarios para esa adaptación
			-Revisando alternativas de mejoramiento de confort térmico interior
			-Analizando materiales adecuados y considerando los costos para dichos materiales
			-Implementando las técnicas sustentables para el mejoramiento del confort térmico
			-Dando mantenimiento a los mecánicos implementados

Con la comodidad de los espacios educativos gracias a las técnicas bioclimáticas o cambios en el actual sistema que se pueden implementar, dando solución al problema de la Sensación Térmica adecuada al interior de las escuelas Ford es necesario realizar las siguientes estrategias:

- Revisar el sistema de registro de datos de temperatura dentro de las aulas y planteles.
- Estudiar los sitios de estudio.
- Evaluar los beneficios ambientales y económicos con el software las técnicas bioclimáticas elegidas.
- Definir cuáles dispositivos para evaluar las mejoras del confort térmico.
- Identificar los materiales para la aplicación del modelo de mejora de confort para el sitio de estudio en San Luis Potosí.
- Explicar el funcionamiento, costos, mantenimiento y forma de aplicación del prototipo de mejoramiento de confort térmico.

Resumen narrativo

El estudio y análisis de herramientas, técnicas, sistemas y dispositivos bioclimáticos para el mejoramiento del confort térmico da a las aulas escolares y espacios educativos de San Luis Potosí, una opción para la ejecución constructiva, que puedan disminuir malestares que se generan por el estrés térmico o discomfort térmico.

Esquema de alternativas de acuerdo con el análisis del problema con causa y efecto.

El Resumen Narrativo (ver tabla 18) es una tabla que sintetiza y controla los diferentes tipos de objetivos a llevar a cabo, así como las actividades necesarias para alcanzar los resultados esperados. En este caso parte del propósito central “Mejorar el confort térmico al interior de aulas educativas tipo Ford en San Luis Potosí”.

Además, la matriz de marco lógico de un proyecto también recoge los recursos necesarios para desarrollar las actividades, los requerimientos del proyecto, los indicadores medibles, y el procedimiento a seguir para determinar indicadores.

Tabla 18. Resumen Narrativo. Fuente: Elaboración propia

Resumen narrativo
Fin
-Determinar la sensación térmica adecuada al interior de espacios educativos -Utilizar técnicas bioclimáticas para mejorar el confort en espacios educativos
Propósito
-Mejorar el confort térmico al interior de los espacios educativos tipo Ford en S.L.P.
Componentes
-1. Concentración de alumnos debido a la comodidad en el espacio educativo -2. Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar
Actividades
1.1 Revisando los espacios educativos en cuanto a su forma física y actividades a realizar al interior, también horarios de dichas actividades. 1.2 Analizando el contexto físico, económico y social que rodean las escuelas Ford. 1.2 Dando propuestas de solución a los espacios ya construidos. 1.3 Adecuando los espacios educativos con la ventilación e iluminación natural. 1.4 Ampliando y cuidando las áreas verdes de la escuela para mejorar la sensación de confortabilidad de los usuarios. 2.1 Realizando estudios físicos del lugar al adaptar el prototipo de escuela primaria Ford y dando los cambios necesarios para esa adaptación. 2.2 Revisando alternativas de mejoramiento de confort térmico. 2.3 Analizando materiales adecuados y considerando los costos para dichos materiales. 2.4 Simular el uso de las técnicas bioclimáticas para el mejoramiento del confort térmico. 2.5 Realizar propuestas de mejoramiento.

Para continuar con la tabla del resumen se debe conocer toda magnitud estadística, expresada en cifras, obtenida mediante la agregación de datos, que permite describir o evaluar las características de cada situación. Dando un valor al resultado que se esperará lograr con el proyecto. Midiendo logros de avance y los resultados obtenidos.

Capítulo 2 Marco
Teórico

Espacios Educativos

Las escuelas, son edificaciones destinadas a desarrollar la educación, aprendizaje y comunicación en niños o adultos. Responde al uso que se hace del espacio físico y virtual (Jiménez, 2020), y a las conexiones que establecemos con los demás. Estos espacios físicos, requieren de ciertas características para cumplir con este propósito, normalmente de un área para el trabajo del profesor y con un área más amplia donde trabajan los alumnos de una manera cómoda a fin de obtener los mejores resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Villanueva, 2022).

Lo cual no siempre es posible, por lo que los usuarios principales de este espacio educativo alumnos y profesores, perciben que los nuevos requerimientos como el incremento en la demanda de usuarios, así como las adecuaciones al programa educativo de SEP (Secretaría de Educación Pública), repercuten en la falta de concentración y adicionalmente intervienen los factores climáticos.

La identificación de la mayoría de las escuelas primarias es fácil, ya que pertenece a la educación básica que es obligatoria en México, además se distinguen por contar con un espacio físico bastante reconocible por la población.

Características de Aulas

Los ambientes de aprendizajes son espacios que permiten una comunicación e interacciones entre profesores y alumnos que posibilitan el aprendizaje. Las instalaciones educativas serán diseñadas brindar todo el apoyo a los procesos pedagógicos permitiendo un aprendizaje flexible, seguro y estimulante. Estos espacios deberían cumplir con los siguientes requisitos (INIFED, 2022):

- Pedagógicamente efectivas. Proporcionan atmosferas de aprendizaje en los que caben las necesidades presentes y futuras.
- Estimulantes. Proporcionan escenarios que propician la creatividad.

- Saludables y productivas. Permiten a alumnos y profesores alcanzar su máximo potencial proporcionando medios saludables, seguros, cómodos y accesibles.
- Rentables. Permiten el ahorro de costos de construcción y operación mediante el uso de materiales y sistemas que hacen más eficiente su construcción, operación y mantenimiento.
- Sustentables. Minimizan el impacto al medio ambiente y maximizan el uso de fuentes renovables no contaminantes.
- Centrada en la comunidad. Mediante la creación de escuelas que formen parte integral de las comunidades que la rodean.

En la siguiente tabla (19) se presenta de manera resumida cuales serían los requerimientos funcionales que debería tener cada una de las aulas educativas.

Tabla 19. *Requerimientos Funcionales. Fuente: Criterios de Diseño Arquitectónico. CDA-PRIM-PU-02, INIFED*

Aula	Funcional	Espacio destinado a la impartición de materias que corresponden a las áreas del conocimiento básico.
		Alumnos y docentes interactúan y trabajan en grupos o de manera individual.
	Espacial	Mobiliario ligero, apilable, que permite el trabajo individual o en grupo. Equipo y recursos informáticos para el uso de materiales y el desarrollo de actividades pedagógicas.
		Acceso directo desde las circulaciones.
		Elemento divisorio entre el salón y las áreas verdes de mínimo 50% de cristal transparente.
		Accesible desde y hacia las áreas de recreación, con visibilidad directa desde la Dirección.
		Acceso indirecto hacia áreas de usos múltiples.
		Sin relación directa al acceso del plantel y a las circulaciones generales.
	Carácter y Ambientación	Orientación: Norte-Sur
		Temperatura: 18°-25°C
		Iluminación natural. Mínimo 17% del área del espacio. La entrada de luz natural se controlará para minimizar las ganancias térmicas y el deslumbramiento.
		Ventilación: Natural cruzada, mínimo 1/9 del área del espacio.
		Acústica: 25/35 dB (Silencioso/Moderado)
		Humedad Relativa: 50%
		Cada aula proporcionará un ambiente de aprendizaje donde se desarrolle la comunicación y las interacciones que posibilitan el aprendizaje y se estimule la creatividad.

INIFED

El Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, es el organismo a nivel Federal encargado de las construcciones de los espacios educativos, la sede se localiza en la Ciudad de México, pero sus normativas, libros, aplicaciones, registros y guías rigen todo el país. Esta institución ha cambiado de nombre a lo largo de los años, llamado anteriormente CAPFCE (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas) modificado en el año 2012, donde también cambiaron la forma de gobierno del comité, ahora instituto. Pero las construcciones de escuelas y especificaciones siguen vigentes desde 1966.

Dentro de la normativa efectuada por el INIFED se plantea un programa con los criterios que acompañen la construcción, instalación y rehabilitación de espacios educativos, así como la definición de las primarias.

La Educación Primaria

La Primaria forma parte de la educación de tipo básico, atiende a niños de seis a once años con 11 meses de edad, para que desarrollen afectividad, construcción de conocimientos, integración de su imagen corporal, habilidades, destrezas físicas y sentido de pertenencia al grupo sociocultural en el que se encuentran (INIFED, 2022). Promueve el crecimiento y desarrollo de los niños en todas sus potencialidades por medio del trabajo educativo, el juego y actividades afines.

- Trabajo de tiempo completo 7h, jornada ampliada 6h, medio tiempo 4.5h.
- La estructura educativa ideal será de seis grupos como mínimo y dieciocho grupos como máximo.
- Los grupos tendrán un mínimo de treinta y dos alumnos y un máximo de cuarenta y cinco.

Los espacios educativos, según la función destinada, se clasifican en:

- *Espacios Curriculares.*

Son aquellos espacios destinados a la impartición de clases, es decir, los que tienen como función cumplir con los planes con base en las cargas horarias, teóricas y prácticas.

- *Espacios No Curriculares.*

Son los espacios que no están directamente ligados a actividades curriculares y cuya caracterización y cuantificación, no son en función de la matrícula; están destinados a las áreas administrativas, de información y de servicios.

En el Volumen 3 “Habitabilidad y funcionamiento”, Tomo I “Diseño Arquitectónico” del año 2014 hace referencia a las especificaciones del proyecto arquitectónico, con los requisitos mínimos como, iluminación, ventilación, confort térmico y demás equipamiento, que de cualquier manera lo expone con bases generales.

En otro apartado “Criterios Normativos: Criterios de Diseño Arquitectónico Educación Básica Primaria”. Se mencionan las recomendaciones sobre el uso de elementos, las condiciones de habitabilidad y diseño en los espacios y servicios que conforman las escuelas. Se encuentra dividido en 3 partes: en el primero se describen las generalidades de la primaria, y las consideraciones que deberán tomarse para su diseño. La segunda y tercera parte presenta la información básica sobre la primaria, partiendo del programa arquitectónico y se establecen los criterios generales de diseño aplicado para el uso de materiales y elementos, mobiliario y equipo e instalaciones de servicio.

Otro apartado más que habla sobre los “Criterios de ubicación” específicamente en las dimensiones habla sobre los espacios mínimos requeridos para la construcción de escuelas (ver tabla 20), así como el espacio mínimo que un alumno requiere para realizar sus actividades escolares (ver imágenes 49 y 50).

Tabla 20. Requisitos dimensiones mínimos. Fuente: Normas y Especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones Vol. 2. Estudios Preliminares, Tomo I. Planeación, programación y evaluación, 2012, INIFED, México

Estructura educativa	Número de Alumnos	Número de Pisos	Superficie (m ² /Alumno)	Dimensiones (m)		Superficie Total (m ²)
				Frente	Fondo	
6	276	1	7.40	43	47	2,050
12	552	1	6.90	60	63	3,800
18	828	2	6.40	59	90	5,800

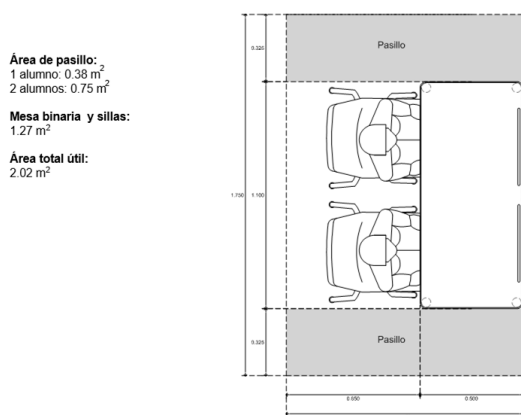


Imagen 49. Vista del espacio que requiere un alumno. Fuente: INIFED, 2012

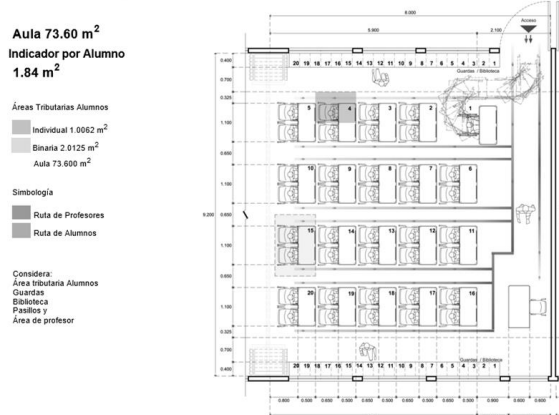


Imagen 50. Vista ideal del aula. Fuente: INIFED, 2012

Los terrenos serán preferentemente rectangulares, con una proporción igual o menor a 1:3 con la superficie para alojar los edificios y la obra exterior necesaria que requiere el programa arquitectónico para la modalidad del plantel requerido.

Los siguientes apartados, hablan sobre seguridad, accesos al plantel, accesibilidad y áreas exteriores. Permitiendo que desde el diseño se busque asegurar el acceso de las personas con discapacidad en igualdad de condiciones con las demás personas al entorno físico y a todos los servicios instalaciones del plantel educativo. También se dan recomendaciones de cómo llegar al ideal de un aula, partiendo de la vista actual de un aula tradicional (ver imagen 51).

Opción 1.
Aula actual con mesa binaria
Capacidad 32 alumnos en condición
confortable

Indicador Alumno 1.62 m²

Considera:
Área tributaria Alumnos
Guardias
Biblioteca
Pasillos y
Área de profesor

Áreas Tributarias

Individual 1.0062 m²
Binaria 2.0125 m²
Aula 51.84 m²

Simbología

Ruta de Profesores
Ruta de Alumnos

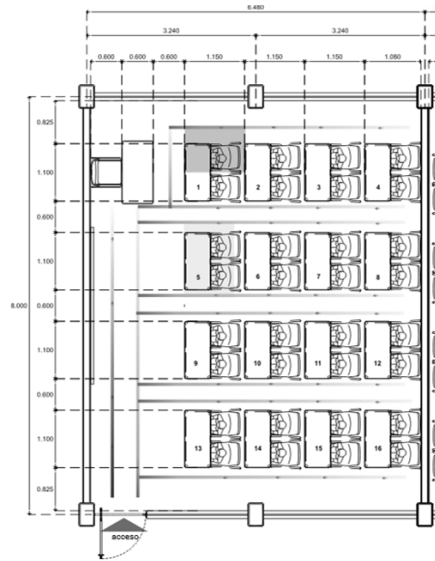


Imagen 51. Vista actual de un aula. Fuente: INIFED, 2012

IEIFE

En San Luis Potosí es el Instituto Estatal de Infraestructura Física Educativa, el encargado de Construir, Normar, Equipar y Mantener la Infraestructura Educativa del Estado (slp.gob.mx/ieife, 2022).

Dentro de sus funciones están las siguientes:

- Elaboración de proyectos, licitación y construcción de espacios educativos de nivel básico, medio, superior, posgrado y obras de beneficio social.
- Supervisión de obras de los programas: Fondo Estatal de Aportaciones Múltiples, Fondo para la Infraestructura Social Municipal, Fondo para el Fortalecimiento de los Municipios, Programa para Evitar el Rezago en Educación Inicial y Básica y Programa de Escuelas de Calidad.
- Validación de expedientes técnicos de los programas: Fondo Estatal de Aportaciones Múltiples, Fondo para la Infraestructura Social y Municipal, Fondo para el Fortalecimiento de los Municipios, Programa para Evitar el Rezago en Educación Inicial y Básica y Programa de Escuelas de Calidad.

- Realizar validaciones técnicas de las propuestas de construcción, rehabilitación y mantenimiento que presenta la Secretaría de Educación del Estado de San Luis Potosí y los directores de planteles.
- Licitar y suministrar mobiliario y equipo para los espacios educativos del Estado.
- Proporcionar asesoría técnica a Municipios y planteles en el Estado de San Luis Potosí.

Es también gracias a la Secretaría de Educación de Gobierno del Estado (SEGE), que se desarrollan las funciones anteriores, al ser el órgano que rige las características académicas de las escuelas que el IEIFE construye y regula.

Específicamente gracias al Departamento de Planeación y Desarrollo de Proyectos dentro de la SEGE que se manifiestan las solicitudes de obra. Este departamento es el encargado de programar, clasificar, informar y dar seguimiento en la construcción, rehabilitación, mantenimiento de las obras dentro de una escuela. Las solicitudes de obra educativa están abiertas a padres de familia, directores, docentes, representantes educativos y gobiernos municipales de todo San Luis Potosí.

También dentro de este mismo departamento se encuentra la parte de financiamiento, que es por medio de donde se rigen los recursos económicos para el desarrollo de las obras.

FORD

Dentro de la entrevista que se dio con la coordinadora de Responsabilidad Social Corporativa de Ford la Licenciada Alejandra Cubos, menciona que el interés de la empresa Ford en crear escuelas, parte del apoyo económico para que los niños tengan un espacio donde recibir la educación básica adecuada, “la mejor historia que tenemos es la de nuestro

gerente de planta, Marcos Madrid, quien perteneció a la primera generación de Escuelas Ford, así queremos seguir formando historias y que nuestros niños sigan estudiando”

Con la diferencia del sistema utilizado por la SEGE y el IEIFE, la construcción, mantenimiento o mejoras de las escuelas es solicitado desde Dirección del plantel al Comité Cívico. Estos pasan por las Agencias de Autos que se localizan en todos los estados de la república. Para la correcta y ágil ejecución de cada aula en su momento se requirió de la implementación de un proceso constructivo estándar, comprobado, ágil y eficaz, ajustado a la naturaleza de este. Este procedimiento garantiza la calidad en conjunto de la escuela, con un mínimo costo, de ejecución segura y en el menor tiempo posible.

Gracias también a la entrevista proporcionada, y los datos que están abiertos al público, se puede ver la guía del equipamiento de cada una de las aulas (ver tabla 21) a la creación o reintegración de escuelas Ford.

Tabla 21. Guía de Dotación de Mobiliario y Equipo Ideal. Fuente: Creación propia información fordseocupa.mx

Número	Mobiliario	Cantidad
1	Silla metálica con concha de polipropileno de 1er a 3er grado de 510x510x735mm	30
2	Silla metálica con concha de polipropileno de 516x540x762mm	30
3	Mesa rectangular con cubierta de polipropileno de 1er a 3er grado de 1200x600x650mm	15
4	Mesa rectangular con cubierta de polipropileno de 1200x600x750mm	15
5	Silla especial para maestro de polipropileno de 502x540x762mm	1
6	Pizarrón metálico de 3000x900mm esmaltado color blanco	2
7	Tablero de corcho de 1500x900mm	1
8	Centro de trabajo para PC servidor e impresora 1200x600x1350mm	1
9	Bote de basura ecológico rectangular 700x360x600mm	1
10	Computadora de escritorio con monitor de pantalla plana	1
11	Pantalla para proyección retráctil de 2440x2440mm	1
12	Video proyector multimedia	1
13	Soporte para video proyector multimedia.	1
14	Extintor de polvo químico seco ABC de 5Kg	1

Confort Ambiental

El término "confort" es un galicismo cuyo significado puede asimilarse al concepto de bienestar, y está sumamente relacionado con la salud, la satisfacción de necesidades básicas como temperatura, ergonomía, seguridad, tranquilidad y ausencia de dolor y estrés. Por lo que podemos ver diversos tipos de confort cuando se habla del bienestar del ser humano (Arquitectura Bioclimática, 2022).

1. Confort térmico: Se refiere principalmente a las condiciones de bienestar en el individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad en un lugar determinado.
2. Confort lumínico: Se refiere a la percepción de la luz a través del sentido de la vista.
3. Confort acústico: Se refiere a las sensaciones auditivas, tanto en contar con niveles sonoros adecuados, como contar con calidad sonora.
4. Confort olfativo: Se refiere a la percepción a través del sentido del olfato.
5. Confort psicológico: Se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información sensorial que recibe del medio ambiente.

Confort Térmico

“El confort térmico está basado en las sensaciones fisiológicas y psicológicas generadas por los estímulos del ambiente térmico” (Bojórquez, 2010), lo que refiere como la satisfacción psicofisiológica del ser humano con respecto al ambiente. Este es un concepto que expresa el bienestar del individuo dentro del ambiente donde desarrolla sus actividades y que no presente incomodidad.

La palabra confortable que fue apareciendo a lo largo de los años no se refería a la comodidad ni al estar a gusto, su raíz latina era “confortare” que significa confortar, consolar o reforzar (Chávez, 2002). El confort térmico es un conocimiento que se ha estado desarrollando recientemente, ya que no se puede imaginar a un Neandertal preocupado

porque en su cueva hay una temperatura de 5°C con una humedad relativa del 80%, cuando sus prioridades eran no morir congelado, devorado o de hambre. Para él el confort o bienestar consistía en sobrevivir.

En la edad media prácticamente no se tenía la idea de casa y familia como algo privado. La casa burguesa del siglo XIV tenía el taller en la planta baja y la vivienda en la planta alta, donde sólo existía una cámara en la que se cocinaba, se dormía, se recibía. Una casa medieval podía estar adornada con tapices y estar al mismo tiempo mal calentada, la gente podría ir lujosamente vestida, y sentarse en bancos incómodos y dormir hasta 3 personas en una cama, sin preocuparse por la intimidad. La vida era algo público, lo privado no existía. El bienestar consistía en lo externo, más en la forma que en las sensaciones y percepciones íntimas y personales. En el Siglo XVI era raro que alguien tuviera una habitación sólo para él. Las casas tenían sólo una chimenea en la habitación principal y el resto de la casa estaba sin calentar. (Chávez, 2002). A finales de la edad media estas condiciones fueron cambiando, la conciencia individual fue apareciendo y con ello una idea distinta del hábitat, en donde se buscaba lo íntimo, el desarrollo de lo individual, lo privado y lo familiar. La distribución de la casa también cambió, comenzaron a diferenciarse los espacios, apareció el comedor, el salón, la despensa, el guardarropa, también apareció el dormitorio y varios de estos espacios contaban con chimenea. (Chávez, 2002). Esto muestra como en el siglo XVII lo privado, la intimidad y la domesticidad que va apareciendo, se identificaba con el confort.

Los espacios cerrados son el escenario ideal para desarrollar el confort adecuado, ya que esta construcción permite el intercambio entre el estado del clima real y el estado óptimo. Pero ha llegado un momento en el cual este envolvente juega contra el ser humano, pues es cada vez más difícil encontrar el punto adecuado, los elementos que afectan al confort humano que normalmente tiene entre 36° y 37° C de temperatura corporal son la temperatura del aire, radiación solar, movimiento del aire y humedad relativa (Aguillón,

2007). También otros medios por los cuales se pierde el calor del cuerpo humano como la radiación, la conducción, convección y evaporación. La complejidad de evaluar el confort térmico lleva a estudiar variables del clima y del espacio, como la temperatura del aire, la temperatura de muros y losas, humedad y velocidad del aire (Chávez, 2000).

El interés por la valoración del nivel de confort térmico nació como una consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era justamente lograr que las personas se sintieran confortables, por lo que se necesitó de métodos que permitieran evaluar en qué medida se alcanzaban sus objetivos (Delgado, 2000). Uno de los métodos más conocido de los índices de evaluación del confort fue la “temperatura efectiva”, desarrollado por Yaglou y colaboradores en 1923 (Chávez, 2002).

En el año 1970 se presentó la obra de “Thermal Comfort” de P.O. Fanger, que hacia un avance sustancial, al incluir en el método de valoración propuesto la práctica totalidad de las variables que influyen en los intercambios térmicos hombre-medio ambiente contribuyendo a la sensación de confort; estas variables son: nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire (Delgado, 2000).

Zona de Confort

Es una zona fija del confort térmico, que se basa en los principios reguladores del cuerpo humano y su respuesta de adaptación al clima, incluyendo la influencia de elementos como la ropa y las edificaciones. No existe un criterio único para medir el confort, pero como respuesta se puede decir que la zona de confort es una zona en la cual no se produce un sentimiento de incomodidad (Aguillón, 2007), muy parecido a la zona de neutralidad térmica (con variaciones de sexo, edad, vestimenta y condiciones climáticas).

Se ha estudiado esta zona con diversos métodos y en condiciones muy diferentes, en las cuales Víctor Olgyay diseñó una Carta Bioclimática (ver imagen 52) donde distingue la influencia de cuatro variables importantes del entorno: temperatura, movimiento del aire, radiación y humedad, estableciendo zonas en donde se encuentran bien sin frío ni calor, delimita la zona de bienestar entre los 20/21°C y 28°C, con una humedad relativa entre el 19 y 75% (Olgyay, 2006).

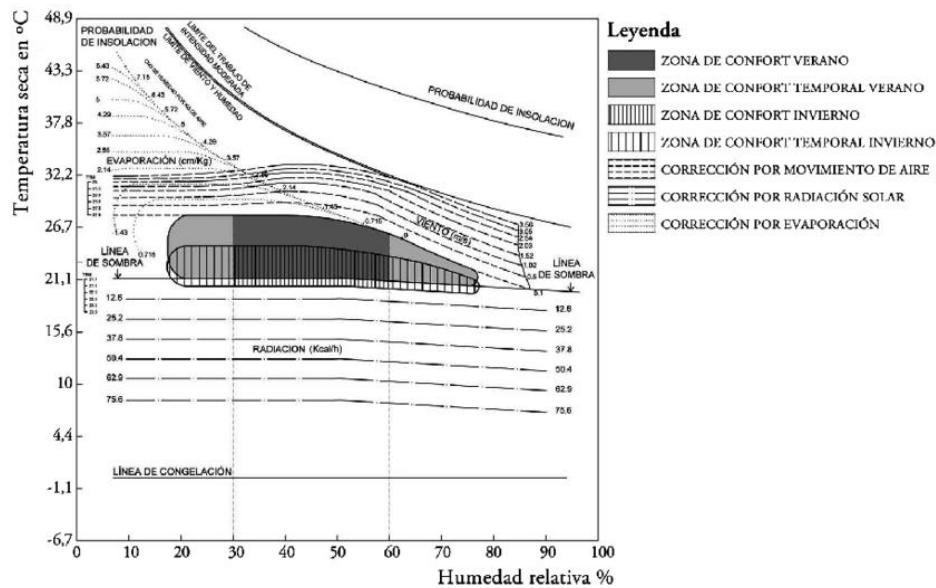


Imagen 52. Carta bioclimática Olgyay. Fuente: Olgyay, 2006

Otro autor que también desarrollo una carta bioclimática es Gonzalo que determina la zona de confort entre 18/20°C y 26°C, con humedad entre el 19 y 80% (ver imagen 53), que se utiliza igual, colocando sobre ella los datos de temperatura y humedad relativa, pero con importantes diferencias, esta se ubica en una carta psicrométrica esto es que muestra los datos de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo y por lo tanto relaciona las temperaturas del ambiente con la presión de vapor de agua contenida en la atmósfera (Gonzalo, 2004).

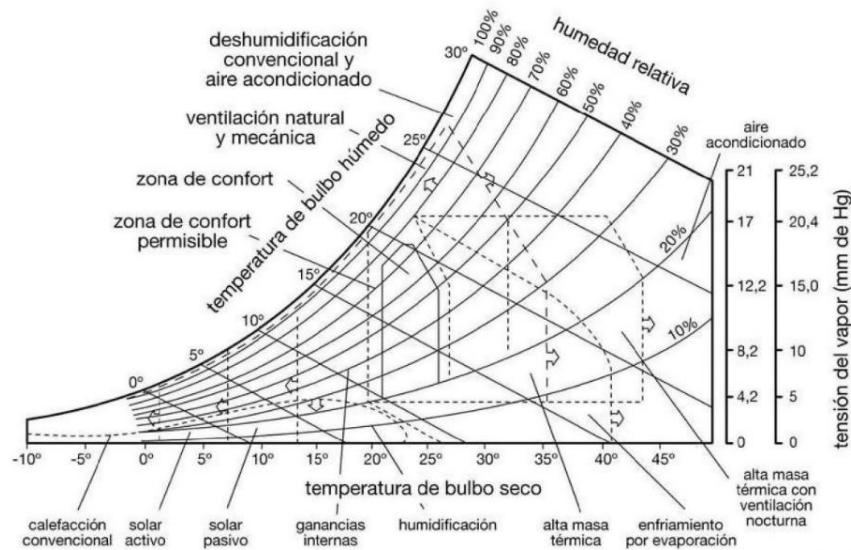


Imagen 53. Carta bioclimática Gonzalo. Fuente: Gonzalo, 2004

La zona de confort no tiene límites reales, es a partir de percepciones, donde una zona central que se deriva hacia una zona de tensión hasta la zona de incomodidad. En aquellos edificios en los que se intenta buscar esta zona, no puede exigirse condiciones tan estrictas (Aguillón, 2007).

Se señala en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de Río de Janeiro que: “Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza” (Olgyay, 2006).

Esta declaración tiene validez universal e independiente del tiempo. La salud es responsabilidad de proyectistas, arquitectos, profesores, gerentes industriales y todas las otras personas que influyen sobre el ambiente físico o social. El cambio climático también es responsable de este principio.

Calor

Es una forma de manifestación de la energía que se transmite por diferencia de temperatura entre dos o más cuerpos. Dentro de las funciones principales de los espacios construidos es proveer ambientes interiores que son térmicamente confortables.

Es necesario entender las necesidades del ser humano y las condiciones básicas que definen el confort como los factores críticos ambientales, para la disipación del calor (Blender, 2015):

- *Temperatura del aire:* determina cuánto calor el cuerpo pierde hacia el aire, principalmente por convección.
- *Humedad relativa del aire:* la evaporación de humedad de la piel es principalmente una función de la humedad del aire. El aire seco absorbe la humedad y enfría el cuerpo efectivamente.
- *Movimientos de aire:* influye fuertemente en la pérdida del calor del cuerpo por convección y por evaporación.
- *Temperatura media radiante:* representa el calor emitido en forma de radiación por los elementos del entorno y se compone de las temperaturas superficiales de todos los cerramientos. Es deseable que el valor no difiera mucho de la temperatura del aire.
- *La temperatura operativa:* es útil para la evaluación del confort térmico, gracias a que de manera más fiel representa la temperatura “sentida” por una persona en un ambiente interior.
- *La temperatura de rocío:* es una función de la temperatura y la humedad relativa del aire, la temperatura superficial interior de la envolvente para prevenir la condensación superficial.
- *Eficiencia energética:* La humedad del aire no solo es esencial para el confort, también influye directamente en la eficiencia térmica de un edificio:
 - El aire húmedo es más difícil de calentar que el aire seco.
 - Materiales de construcción húmedos tienen un efecto aislante drásticamente reducido.

Así que influyen el clima exterior, la estación del año y la hora del día, el asoleamiento, la iluminación y la calidad del aire interior, entre otros. Además, hay que considerar que la mayoría de los criterios fueron desarrollados para el caso de invierno, con temperaturas exteriores bajas y calefacción ambiental, y para ambientes de estadía permanente.

Temperatura

La temperatura del aire forma uno de los parámetros principales para determinar el grado de confort térmico de un espacio, este se refiere al estado térmico del aire a la sombra (arquitectura bioclimática, 2022). La temperatura la sentimos por medio de mediciones con un termómetro y gracias a la tecnología en el propio celular se puede consultar la temperatura ambiental en la ubicación deseada.

Han sido diversos los especialistas que han definido los valores de la temperatura del aire, que al interior de los espacios se mantiene aceptable.

El Departamento de Construcciones Arquitectónicas I ETSAB, en 1998 recomienda valores de temperatura según la estación del año: 21°C en invierno y 26°C en verano. Pero no deja fuera las características de los usuarios y las actividades que desarrollan, así como valores de la humedad relativa (arquitectura bioclimática, 2022).

También se encuentra Lucía R. Mascaró, que determina una tabla de límites del confort térmico tanto del día como de la noche con datos de temperatura del aire y humedad relativa (ver tabla 22).

Tabla 22. Límites del confort térmico según Mascaró. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2022.

Media de % de HR	T media mensual superior a 20°C		T media mensual de 15 a 20°C		T media mensual inferior a 15°C	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
0-30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
70-100	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Donde marca la temperatura del aire en tres rangos inferior a los 15°C, media de 15-20°C y superior a los 20°C. Por ejemplo, tener un porcentaje de humedad relativa entre 30-50% y una temperatura media mensual superior a los 20°C nos da un rango promedio de sensación térmica adecuada entre los 25-31°C en el día y 17-24°C en noche.

Humedad Relativa

Es la cantidad de agua que contiene el aire (arquitectura bioclimática, 2022). Por lo que, si el valor de la humedad relativa es elevado durante el día, el calor puede afectar negativamente la sensación térmica de un espacio, evitando que las personas pierdan calor por evaporación de agua, manteniendo sudor. Y al contrario si el porcentaje de humedad relativa es bajo, igualmente puede llegar a deshidratar. Los rangos de humedad relativa considerados apropiados, son muy variados, debido a los espacios, las estaciones del año, los datos climáticos y la reacción psicológica y fisiológica del hombre, y sus actividades

La humedad relativa se expresa como medida en porcentaje, donde si es alto significa que la mezcla de aire y agua es más húmeda. Para medir la humedad relativa se necesita un higrógrafo. Los instrumentos de medida de la humedad por lo general se basan en las mediciones de alguna otra magnitud como la temperatura, cuando absorbe la humedad (Arquitectura Bioclimática, 2022).

Los valores de la humedad relativa pueden compararse con la temperatura del aire, son factores percibidos casi de la misma manera, la arquitecta Aileen Medina Pérez muestra una tabla donde ambos valores inciden en la sensación térmica (ver tabla 23).

Tabla 23. Tabla de valores de Sensación Térmica por Calor (Heat Index). Fuente: Medina, 2023

		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS																		
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51					
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55					
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59					
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63					
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63						
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63							
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62								
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61									
	85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65									
	90	31	34	37	41	45	49	54	58	64										
	95	31	35	38	42	47	51	57	62											
	100	32	36	40	44	49	54	60												

En ella se puede ver como los valores aceptables de la sensación térmica adecuada se aprecian en los tonos más claros de la tabla y como estos valores suben hasta llegar al tono oscuros e incluso hay valores donde ya no se puede tolerar las actividades humanas.

Reflexividad

La gran cantidad de aislantes reflexivos consienten mejorar el rendimiento térmico en las diferentes estaciones del año, por ejemplo, en invierno, los aislantes reflexivos detienen el frío y devuelven el calor emitido al interior de las construcciones, mientras que los aislantes permiten protegerse del calor en verano. En lugar de absorber el calor, los aislantes reflexivos reflejan hacia el exterior hasta un 95 % de la radiación infrarroja emitida por los elementos de cubierta, lo que evita el sobrecalentamiento de los espacios interiores y tener que recurrir excesivamente al aire acondicionado (aislamiento-actis.com, 2021).

Los aislantes reflexivos no sufren los efectos de la humedad, ni del viento, lo que les concede un gran tiempo de uso.

Velocidad del Viento

El viento es el aire en movimiento, el cual se produce en dirección horizontal, a lo largo de la superficie terrestre (instrumentationstore.co, 2023). También es un recurso energético renovable, un regulador de temperatura generada por la radiación solar y un medidor de la cantidad de vapor de agua que está en la atmósfera. (importancias.com/viento, 2023).

La dirección del viento se debe a la distribución de las presiones atmosféricas, donde la región de altas presiones se dirige hacia la región de presiones más bajas, pretendiendo equilibrar la diferencia entre ellas. Cuanto mayor sea la diferencia de presión atmosférica, mayor será la velocidad de este aire en movimiento (importancias.com/viento, 2023). Al moverse de altas a bajas presiones, sigue una trayectoria que no es recta sino en espiral (ver imagen 54).

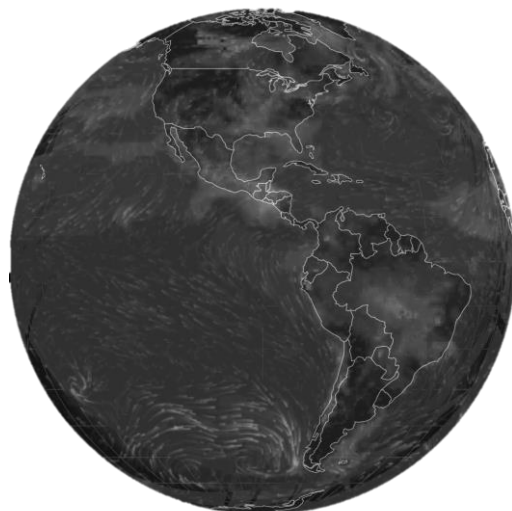


Imagen 54. Visualización de la dirección del viento. Fuente: IQ Air, 2023

Efectos del viento

El fenómeno del viento está relacionado con los beneficios y con los daños que ocasiona en el planeta. Puede medirse por los parámetros de dirección y velocidad, ya que se trata de una magnitud vectorial, sus efectos pueden verse en la tabla 24.

Tabla 24. Efectos creados por el viento. Fuente: Elaboración propia con datos de IQ Air, CONAGUA e importancias.com/viento/

Viento	Transportando polen y materia orgánica.
	Moviendo nubes y humedad.
	Cambiando las masas de aire frío o caliente.
	Creando las olas del mar
	Formando fenómenos climáticos como sequías, huracanes, tornados.
	Evitando heladas de radiación.
	Causando daños a flores, frutos y cultivos.
	Derribando árboles, edificaciones.
	Agente de sedimentación, ya que cuando el viento pierde velocidad, deposita los materiales que transporta.
	Erosionando y transformando el medio ambiente.
	Medio de transporte ligero.

Se necesitan dos medidas para describir bien, una de ellas es la dirección o rumbo, medida con una veleta, y la otra la intensidad o velocidad medida por un anemómetro (Viñas, 2021). A efectos prácticos, es más útil conocer una intensidad media del viento, correspondiente a un período de tiempo no demasiado largo, que los datos de la velocidad instantánea que de forma “continua” (cada pocos segundos) va registrando el anemómetro. El periodo que se usa con mayor frecuencia para establecer datos de viento medio es de

10 minutos. Una racha se define como un aumento súbito de la intensidad del viento y puede ir o no acompañada de un cambio de dirección. La dirección del viento no es fija, sino que oscila alrededor de una dirección media que es la que se toma como referencia.

Para poder percibir la velocidad del viento es necesario que sobre pase los 10km/h. ya que en graduaciones menos a los 15km/h es muy difícil sentir el viento dependiendo de las actividades que se realizan (ver tabla 25).

Tabla 25. Relación de la velocidad del aire y su percepción. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2022

VELOCIDAD DEL AIRE	SENSACIÓN
Menos de 15/18 km/h (4/5 m/s)	no se percibe
De 18 a 30 km/h (5/8 m/s)	agradable
De 30 a 60 km/h (8/16 m/s)	agradable con acentuada percepción
De 60 a 90 km/h (16/25 m/s)	corriente de aire desde soportable a molesta
Más de 90 km/h (más de 25 m/s)	no soportable

Existe una relación entre la velocidad del viento con la temperatura del ambiente, la misma autora ayuda a comprender esta percepción de la temperatura por el ser humano y se muestra en la tabla 26. Por ejemplo, si se tiene una temperatura ambiente de 16°C y una velocidad del aire de 50km/h, la percepción de la temperatura sería de 3°C.

Tabla 26. Equivalencia de la temperatura ambiente según la velocidad del viento. Fuente: Medina, 2023

Temperatura ambiente ↓	Velocidad del viento					
	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h
28° C	25°	20°	15°	11°	5°	2°
24° C	20°	16°	12°	5°	3°	0°
20° C	16°	12°	8°	3°	0°	2°
16° C	13°	8°	3°	0°	3°	4°
12° C	9°	5°	0°	3°	5°	6°
8° C	5°	0°	-3°	-5°	-6°	-7°
4° C	0°	-5°	-8°	-11°	-12°	-13°
0° C	-4°	-10°	-14°	-17°	-18°	-19°
-4° C	-8°	-15°	-20°	-23°	-25°	-26°
-8° C	-13°	-21°	-25°	-29°	-31°	-32°
-12° C	-17°	-26°	-31°	-35°	-37°	-39°
-16° C	-22°	-31°	-37°	-41°	-43°	-45°
-20° C	-26°	-36°	-43°	-47°	-49°	-51°
-24° C	-31°	-42°	-48°	-53°	-56°	-58°
-28° C	-35°	-47°	-54°	-59°	-62°	-64°

Concentración de Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas presente en la Tierra que es incoloro e inodoro (iqair.com, 2023). También es un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático y un contaminante del aire tanto en interiores como en exteriores.

El CO₂ puede tener diferentes fuentes primarias, mientras que el CO₂ exterior se genera principalmente a partir de la industria y los gases de escape de los vehículos, el CO₂ interior se asocia más con la exhalación humana y el uso de combustible (iqair.com).

Cuando las concentraciones exteriores de CO₂ son altas, puede ingresar y empeorar la calidad del aire al interior. Sin embargo, cerrar herméticamente los espacios contra el aire exterior puede llevar a una acumulación interior de CO₂ aún mayor.

Las concentraciones de CO₂ se miden en partes por millón (ppm). Por medio de monitor de CO₂, es recomendable que las tomas sean durante un día en rangos de 10min para una correcta interpretación. Se pueden observar diversos síntomas conforme a la concentración de CO₂ sea mayor y también la indicación de cómo se encuentra el espacio (ver tabla 27).

Tabla 27. Concentraciones de CO₂ y sus efectos. Fuente: iqair.com, 2023

Concentraciones	Rangos	Síntomas
250-350 ppm	Se encuentran comúnmente al aire libre	
350-1000 ppm	Se consideran típicas en espacios ocupados con ventilación adecuada.	Esto puede provocar sensaciones de somnolencia, congestión y confusión leve (1, 2).
1000 a 2500 ppm	Falta de ventilación correcta en espacios cerrados.	Poca concentración/atención y aumento del ritmo cardíaco
2500 a 5000 ppm	Se consideran nocivas para la salud.	Mareos, falta de oxígeno adecuado y náuseas leves.
Superiores a 5000 ppm	Podrían ser peligrosas.	Pueden provocar toxicidad y privación de oxígeno.

En México 700ppm es el valor máximo recomendado para actividades en espacios cerrados según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), mientras que la ASHRAE indica que 600ppm es el nivel máximo permitido y HSC belga dice que el límite es una concentración de 800ppm.

En los espacios cerrados las altas concentraciones de CO₂ generan consecuencias negativas que perjudican las capacidades cognitivas (INECC, iqair.com, 2023).

- Disminución de la concentración y baja productividad: cuando se respira aire con altos niveles de CO₂, las personas tienen mayores dificultades para tomar decisiones, hacer planificaciones y crear estrategias.
- Malestares físicos: las altas concentraciones de CO₂ pueden causar dolores de cabeza, somnolencia, mareos, cansancio, aumento del ritmo cardíaco, e hipertensión.
- Propagación de enfermedades que se transmiten por el aire: la transmisión aérea de diferentes enfermedades, como gripe, sarampión o coronavirus.

Al reunir cantidades grandes de personas dentro de espacios cerrados, con una ventilación inadecuada se registran altas concentraciones de dióxido de carbono.

Radiación Solar (Asoleamiento)

La cantidad de radiación solar son las horas que los rayos de sol recaen sobre un espacio. Para poder lograr un asoleamiento adecuado es necesario conocer de geometría solar para prever la cantidad de horas que estará asoleado. Y poder ubicar las necesidades que tiene ese espacio con respecto al calentamiento del espacio o la falta de él.

El tipo de luz natural o artificial y su intensidad, afectan directamente la percepción del medio ambiente y también tiene repercusiones en el estado de ánimo, en general en muchas respuestas del individuo (arquitectura bioclimática, 2023). La luz solar es un factor determinante del confort humano.

Para poder analizar el asoleamiento existen diversas técnicas. Una de ellas son el uso de cartas solares: que indican el recorrido del sol en cada mes del año y a cada hora en una latitud determinada. Otra forma es el uso de un heliodón: que simula la posición del sol en la bóveda celeste. Suple al sol una lámpara de alta intensidad que va a asolear una maqueta del espacio Y desde luego están los programas de simulación que están al alcance de una computadora o celular como el 3D Studio Max, SketchUp, DesingBuilder, Andrew Marsh, entre otros.

Vestimenta

La ropa forma un factor de protección y obstaculización energética con respecto a la radiación solar, las bajas temperaturas y el viento. Incide en el equilibrio térmico entre una persona y el medio que le rodea.

Los diversos estudios que se han realizado dejan de lado la textura de la tela de la ropa para concentrarse en el nivel de aislamiento o la cantidad de ropa que protege al cuerpo. Clo es una unidad de medida empleada para determinar la pérdida de calor sensible del cuerpo, proporcionada por el conjunto de la vestimenta, esta se clasifica según su valor de aislamiento (Medina, 2023). Donde $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{°C/W}$, y que equivale al traje de un oficinista (ver imagen 55). La escala del clo va desde una persona desnuda $\text{clo}=0.0$ a alguien que lleva un traje más formal que tiene un $\text{clo}=1.2$. Una vez conocida la vestimenta de las personas y los valores del clo de las prendas individuales, el clo total es su suma (arquitectura bioclimática, 2023).

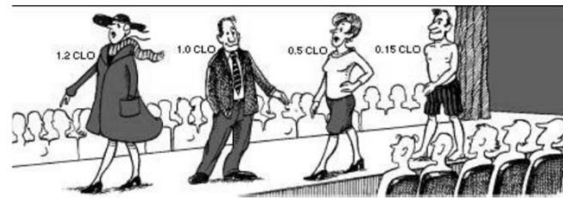


Imagen 55. Grado de Arropamiento. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2023

La ropa corresponde a la segunda piel utilizada por el ser humano, donde la primero corresponde al órgano humano que cubre, la tercera piel pertenece al espacio encontrado, las edificaciones y la cuarta piel corresponde a las condiciones climáticas que rodea.

Actividades escolares

Las actividades que se realizan a lo largo del día han llegado a establecer algunos valores del gasto energético, si se analiza el metabolismo en función del desarrollo de actividades que requieren un esfuerzo físico considerable o de una total inactividad, se puede notar que hace falta tomar en cuenta el desarrollo de la energía consumida por

esfuerzos de tipo intelectual (arquitectura bioclimática, 2023). La actividad metabólica se puede explicar como la tasa de producción de energía del cuerpo que cambia con respecto a la actividad realizada.

Unidad metabólica: 1 met = 58,2 W/m² superficie piel. Factor metabólico de una persona adulta en descanso. Un adulto normal de 1.7m con un nivel de actividad de 1 met tendrá una pérdida de calor de aproximadamente 100 W (arquitectura bioclimática, 2023). El met no es una unidad absoluta de la actividad metabólica, sino una unidad de tasa metabólica relativa a la superficie de piel (ver imagen 56).



Imagen 56. Factor Metabólico. Fuente: Arquitectura Bioclimática, 2023

Disconfort térmico o estrés térmico

Cuando los individuos se ven expuestos en ocasiones a situaciones que pueden llegar a generar sensaciones de excesivo frío o calor. Esto produce malestar, cansancio o un estado de desasosiego que puede afectar al desarrollo normal de las tareas y de la vida cotidiana (solerpalau.com).

El índice PPD (Porcentaje Estimado de Insatisfechos, “Predicted Percentage of Dissatisfied”) es el valor que indica el porcentaje de un grupo numeroso de personas que se sienten insatisfechos por la sensación térmica corporal y proporciona datos sobre la incomodidad o insatisfacción térmica basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o demasiado frío en unas condiciones ambientales dadas (ver tabla 28).

Tabla 28. Porcentaje de insatisfechos en el ambiente térmico. Fuente: *Arquitectura Bioclimática, 2023*

Norma	UNE-EN 15251	CR 1752	PPD (%)	DESCRIPCIÓN
Categoría	I	A	< 6	Nivel elevado, recomendado para espacios ocupados por personas muy sensibles y delicadas, como enfermos, niños, mayores, etc.
	II	B	< 10	Nivel normal; debería ser usado para edificios nuevos y reformas
	III	C	< 15	Nivel aceptable, a usar para edificios existentes
	IV	NO EXISTE	> 15	Valores fuera de los criterios de bienestar, que se pueden emplear durante un período limitado de tiempo

El disconfort térmico en puede presentarse en algunos malestares. Por ejemplo (Armendáriz, s.f. *SaludyconfortbySiber, 2021.*):

- Dolores de cabeza y sensación de pesadez.
- Somnolencia y desgana frente a actividades racionales.
- Ralentizaciones en los actos cotidianos.
- Peor rendimiento laboral.
- Mareos y sensación de estar desorientado.
- Depresiones y bajadas emocionales en casos avanzados.

Técnicas Bioclimáticas

Las técnicas bioclimáticas llamadas también Ecotecnias son instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales de manera sostenible. El principal objetivo de llevar estas técnicas sencillas es mejorar la calidad de vida.

Las primeras menciones del término ecotecnología se remontan a la década de 1960, con Howard T. Odum para definirlo como el “diseño, construcción, operación y gestión de estructuras paisajísticas/acuáticas y sus comunidades de plantas y animales asociadas para beneficiar a la humanidad y, a menudo, a la naturaleza” (Ortiz, 2014). Posteriormente, el concepto de ecotecnología se asoció a enfoques teóricos como la ecología industrial, las tecnologías limpias, técnicas bioclimáticas y la modernización

ecológica. El modelo ecotecnológico engloba y da continuidad a movimientos de tecnologías apropiadas, las tecnologías limpias y las innovaciones de base social. Las técnicas bioclimáticas deberían cumplir ciertos criterios ambientales, sociales y económicos, tales como (Ortiz, 2014):

- Ser accesibles
- Estar enfocadas a las necesidades y contextos locales
- Ser amigables con el ambiente, promoviendo el uso eficiente de recursos, el reciclado y el reuso de los productos
- Promover el uso de recursos locales y su control
- Ser producidas preferentemente a pequeña escala y de forma descentralizada
- Ser diseñadas, adaptadas y difundidas mediante procesos participativos
- Mejorar la calidad de vida o brindar bienestar a un problema climático

Para realizar este trabajo es necesario indagar en las diferentes técnicas y sistemas que mejoran el confort (ver imagen 57), pero se debe seguir una serie de requisitos para que puedan ser aplicados al proyecto:

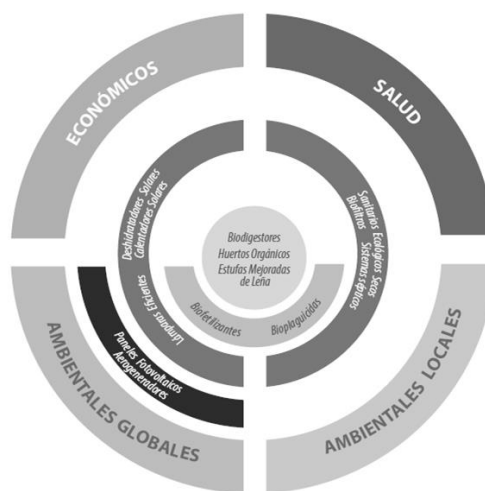


Imagen 57. Beneficios de distintas tecnologías. Fuente: La ecología en México

Agregando también el valor social y educativo que estas técnicas puedan brindar a los alumnos y profesores que se verían beneficiados por la implementación y mejoramiento del confort térmico.

Mejoramiento del confort

El confort se logra por medio de estrategias simples como el aprovechamiento de la radiación solar, la reflexión solar o la convección del aire. Esto se ha dado principalmente gracias al desarrollo del diseño solar pasivo, para aprovechar el clima para atener el confort al interior respondiendo al clima local y minimizando el uso de energía. Son sistemas activos, requieren mayor desarrollo tecnológico y por lo tanto alto costo. Pueden mejorar el rendimiento energético del edificio en tres aspectos; calefacción, refrigeración e iluminación.

La orientación del edificio tiene un papel fundamental en la calefacción del espacio, la cual se deberá adaptar dependiendo el clima y ubicación del proyecto.

Hay que tomar en cuenta que estos sistemas van en creciente desarrollo, cada vez se encuentran nuevas técnicas o materiales que pueden realizar las funciones que antes serían costosas o casi imposible de desarrollar, solo el tiempo y la constancia para desarrollar estos sistemas hacen que note ese avance (ver imagen 58). En México el desarrollo se puede ver gracias a Moser, quien desarrolla modelos sustentables.

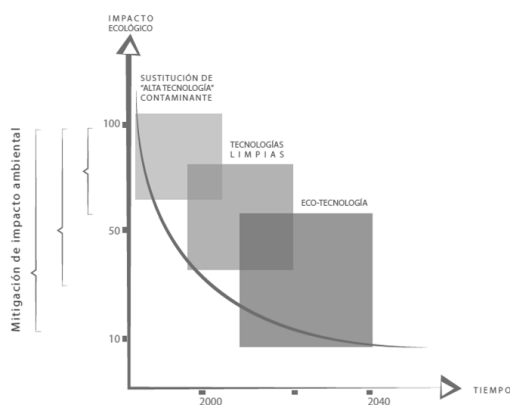


Imagen 58. Desarrollo Tecnológico Sustentable. Fuente: La ecología en México, Transición tecnológica propuesta por Moser, 2015

Para el mejoramiento del confort térmico se puede hacer una clasificación mediante la entrada o el lugar donde se aplican estos sistemas.

Losas

Para el mejoramiento del confort térmico desde la azotea, donde los principales participantes son el sol, la lluvia y el viento.

- *Aerogeneradores*
- *Paneles Fotovoltaicos*
- *Plantas hidroeléctricas de pequeña escala*
- *Chimenea solar*
- *Chimenea eólica*
- *Lámparas Eficientes*
- *Calentamiento de Agua*
- *Calentadores Solares de Agua*
- *Abastecimiento y purificación de agua*
- *Sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia*
- *Impermeabilización en capas*
- *Techo Verde*
- *Purificación de Agua*
- *Huertos urbanos*
- *Permacultura*

Muros

El mejoramiento del confort térmico desde los muros, donde nuevamente el viento es el principal factor a tomar en cuenta.

- *Muros verdes*
- *Pozo canadiense*
- *Materiales reciclados*

Espacio

Y finalmente mejorar el confort térmico desde el espacio, se puede dar utilizando una combinación de energías que permiten que, al trabajar en conjunto, estas potencialicen el desarrollo total.

Ventajas y Desventajas

La tabla 29 describe las ventajas y desventajas de la aplicación de los diferentes sistemas de mejoramiento del confort térmico sobre edificaciones.

Tabla 29. Ventajas y desventajas de aplicación de Ecotecnias. Fuente Borjas, 2019

Ventajas	Desventajas
— Alargan la vida a los materiales	— Inversión costosa al inicio de la construcción.
— Ahorro de dinero a largo plazo.	— Requiere mantenimiento posterior.
— Aumenta el valor del inmueble.	— Revisión de la estructura y accesibilidad.
— Ahorro en consumo de energía eléctrica por uso de aire acondicionado.	
— Ahorro en mantenimiento del sistema impermeable.	
— Se reduce la temperatura en la edificación.	
— Se recupera espacio o áreas verdes.	
— Bloqueo de la radiación electromagnética.	
— El espacio verde contribuye en la calidad atmosférica.	
— En términos de estética, el aspecto de la edificación gana estilo.	
— Utilización de materiales reciclables y del sol como fuente alterna de energía limpia y renovable.	
— Oportunidades Educativas.	
— Puede estar suspendido, modularse, fijo, móvil o incluso portátil.	
— Generación de microecosistemas controlados.	
— Es un contrapeso a la contaminación, al capturar dióxido de carbono, benceno y partículas suspendidas en el aire.	
— Producen oxígeno.	
— Produce responsabilidad de todas las formas de vida (vegetal, animal y humana).	

Mientras que las ventajas son muchas, las desventajas tienen un poder más grande al considerar la edificación y su estructura como punto focal y la inversión que se debe realizar para poner en funcionamiento estos sistemas de mejoramiento climático.

Investigaciones previas

El estudio del confort térmico en espacios educativos ha sido afrontado desde distintos enfoques realizados por investigadores, estudiantes e interesados, lo cual ha permitido que el tema este desarrollado, más sin embargo deja todavía mucho margen para seguir indagando entre las actualizaciones y espacios específicos.

Una investigación realizada en Perú en el año 2018 muestra cómo es posible evaluar un aula como unidad de análisis en 2 periodos de tiempo (junio 2015 y junio 2016), la primera evaluación se realizó en su situación original para continúan el siguiente año la evaluación con tratamiento de tecnologías bioclimáticas (Ccama, 2018). Esto permitió conocer el aula destinada a 30 estudiantes, en la Región de Puno, que se encuentra a una altura considerable con respecto al nivel del mar. Los resultados revelan como las tecnologías bioclimáticas que se instalaron en el aula modificada, hacen una diferencia en las variables estudiadas, como la temperatura media, que mensualmente se calculaba de 6.60°C y al siguiente año subió la temperatura hasta 13.36°C , la humedad relativa media mensual calculada fue de 38.47% para el aula convencional y para la modificada fue de 53.60%, así como la velocidad del viento que se calculada de 0.91m/s para el aula convencional y 0.33m/s para la modificada (Ccama, 2018).

En el mismo trabajo se puede hacer referencia a otro estudio realizado por Quispe en el 2013 sobre “confort térmico en locales escolares en zonas altoandinas (Perú)... donde se reporta un incremento de la temperatura media mensual en 5°C ” (Ccama, 2018). Por lo que se puede decir que los valores calculados para el aula modificada con tecnologías bioclimáticas evidencian mejoras en la temperatura del ambiente interior, así como también el aula en su situación original presentan soluciones constructivas diferentes.

En Colombia en el año 2018 se hizo un trabajo evaluando la calidad ambiental (térmica, visual y acústica) de aulas de 4 establecimientos escolares. El estudio se realizó en 2 meses críticos (marzo y agosto), con una población de 8 aulas de 4 escuelas diferentes

con 535 estudiantes. Los resultados llegan mediante una evaluación utilizando termo-higrómetros marca HOBO, anemómetros marca Lutron en cuanto a la velocidad, para la temperatura superficial de muros y techos, con termómetro infrarrojo NUB, en cuanto a la iluminancia con el luxómetro Lutron, para la verificación del nivel sonoro con sonómetro clase 1 y analizador de espectro por bandas de tercio de octava y octava (Montoya, 2018). En cuanto al confort térmico, evidencian aulas en su mayoría en estado no confortable. En el tema visual, se registraron niveles de iluminación natural insuficientes y falta de uniformidad. Y los niveles de ruido de fondo, excedieron los límites normativos para el confort acústico, los cuales se entienden como los valores necesarios para garantizar espacios con calidad, para las actividades de aprendizaje al interior de las aulas.

En el mismo país de Colombia al siguiente año 2019, pero ahora en la Universidad de la Costa se realizó el estudio de un bloque, con 27 salones y 1 laboratorio. Mediante encuestas realizadas a 579 estudiantes en todos los salones del bloque tomando en cuenta factores personales y externos. El cuestionario fue basado en la norma ASHRAE 55, para evaluar ambientes en clima cálido y húmedo. Evaluando la sensación y aceptabilidad térmica, preguntando si la temperatura para ellos era aceptable. Como resultado se obtuvo que el 72% de los estudiantes del bloque sintieron una sensación térmica clasificada como confort según la norma ASHRAE 55:2013 y 28% discomfort. Se pudo observar en base a los resultados de las encuestas cuentan que los estudiantes en su mayoría prefieren una sensación térmica clasificada como fresco. En la aceptabilidad térmica del bloque, las encuestas arrojaron como resultado que el 87% acepto de forma satisfactoria el clima interior de las aulas de clase. Cerca de 13% dijo tener una aceptabilidad insatisfactoria (Montoya, 2018).

En el año 1970 apareció la obra “Thermal Comfort” de Fanger, un método eficaz de evaluar la sensación de confort entre el hombre-medio ambiente, incluyendo distintas variables que participan en los intercambios del medio ambiente y el ser humano, como

Arq. Giovanna Odaí Borjas Mata

nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media y velocidad del aire (Montoya, 2018).

La norma ASHRAE 55-2013, menciona que el confort térmico se constituye como la percepción mental que tiene la persona del ambiente térmico. Por tanto, cuando se evalúa la percepción de los ocupantes, se puede determinar el estado de confort térmico de un lugar (Montoya, 2018).

Mientras que, en Nayarit, México, se buscó una propuesta de solución en el tema del malestar térmico en los salones de clases de educación primaria en el año 2016, participando todo el plantel con los 400 estudiantes. La situación gira en torno al diseño tipo que define a la infraestructura educativa, aplicado indistintamente en cualquier región climática del país. Se empezó con un estudio del sitio y su entorno, con el fin de reconocer las características del medio natural y artificial; seguido de la climatología de Tepic. A partir de esos datos, se trabajó en un análisis paramétrico utilizando la herramienta BAT (Bioclimatic Analysis Tool), generada por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet. Como resultados se establecieron estrategias básicas de diseño para Tepic, Nayarit. Se destacaron los requerimientos de enfriamiento directo e indirecto, minimizando la ganancia solar y promover la ventilación natural (Sánchez, 2016).

No todos los estudios buscan una solución a la problemática, sino, que hacen análisis desde la perspectiva el tema de confort térmico en relación con alumnos y salones de clases que son paralelo al tema de los profesores.

Capítulo 3
Proceso
Metodológico

Enfoque de Investigación

El proyecto profesionalizante está orientado a la intervención o transformación de problemáticas sociales específicas, mediante trabajos que impliquen una aportación social, organizados en la investigación científica. Se estudian 3 escuelas creadas por la empresa Ford, en 3 ciudades diferentes de San Luis Potosí, y es seleccionada 1 aula de cada escuela, medida en 3 meses diferentes y con la premisa del Confort térmico como interrogante, participando 4 valores (Temperatura, Humedad relativa, Velocidad del viento y Concentración de CO₂ y Radiación solar). Este proyecto se apoya en 3 vertientes, que son la investigación documentada, la recopilación y análisis de datos físicos actualizados, y también gestionando una propuesta de solución al problema detectado.

La mejor forma de conocer el progreso del proyecto es crear indicadores para medir lo que está en el resumen narrativo. Esto se hace con instrumentos que se pueden medir para acreditar el cumplimiento de los fines, componentes y propósito del resumen narrativo. Para ello se debe tomar en cuenta que todos los actores del proyecto deben tener conocimiento de estos, además de que deben ser prácticos, independientes y focalizados. Cabe recordar que las etapas de desarrollo son acumulativas, mostrando una secuencia de desarrollo del sistema.

Metodología del Marco Lógico

La metodología establece las fases, momentos y los niveles que el investigador utiliza para comprender su objeto de estudio y cumplir los objetivos que se ha establecido en su tarea de indagación. Por ello, es imprescindible decidir qué se va a hacer, en qué secuencia y para conseguir qué. Los pasos que se siguen para creación de este proyecto de intervención (Betancourt, 2017):

Paso 1: Análisis de involucrados: identificar los grupos de actores que son tocados por el proyecto.

Paso 2: El árbol de problemas: representar la situación problemática ubicando sus causas en las raíces, el conflicto central en el tronco y los efectos en las hojas.

Paso 3: El árbol de objetivos: o árbol de soluciones, las causas se convierten en medios y las hojas se transforman en fines.

Paso 4: Análisis de alternativas: identificar las alternativas o conjunto de medios que pueden significar estrategias para dar solución a la situación problemática.

Paso 5: Estructura analítica del proyecto: esquematizar la relación de la estrategia o alternativa optima con los objetivos y las acciones.

Paso 6: Resumen narrativo del proyecto: ordenación de los niveles de la estructura analítica de proyecto sobre la matriz de marco lógico.

Paso 7: Indicadores objetivamente verificables: forma de conocer el progreso del proyecto, bien sea el progreso actual o final.

Paso 8: Medios de verificación: evaluación y monitoreo de los indicadores.

Paso 9: Supuestos: condiciones o factores que se consideran ciertos pero que pueden ser controlados y que afectan los resultados.

Paso 10: Monitoreo y evaluación del proyecto: controlar el avance del proyecto y se hace en la fase de ejecución. Aspectos como los costos, los avances físicos y el cumplimiento en los tiempos son objeto de verificación.

Para continuar con el proyecto de intervención se opta por el enfoque mixto concurrente de investigación, integrando con información cuantitativa como cualitativa, que combina y analiza datos estadísticos con perspectivas contextualizadas a un nivel más profundo y al mismo tiempo complementaria una con otra. Este enfoque se da, ya que el proyecto requiere desarrollar una alternativa de solución a los problemas encontrados y

evaluación este sistema antes de su implementación. Se retomó la estructura general del método científico, pero realizando adecuaciones para ajustarse al propósito de este trabajo profesionalizante.

Con relación al análisis y revisión de las condiciones climáticas de la ciudad de San Luis Potosí, se hará una recopilación de datos climatológicos. Se analizarán también las herramientas, sistemas y materiales utilizadas en la instalación de técnicas pasivas de mejoramiento del confort térmico; finalmente, se revisarán las gráficas que muestren los datos de temperatura, humedad, concentración de dióxido de carbono y diagramas de las ciudades donde se localizan las escuelas Ford.

Tipo y Nivel de Investigación

El desarrollo de este trabajo nace de una investigación documental, levantamiento físico y de simulación que terminará con guías de discusión para la posible implementación del proyecto (ver tabla 30). Por lo que se requiere de una herramienta que permita clasificar y gestionar el proyecto, basado en el tipo de investigación no experimental, de corte transversal y una profundidad analítica hasta llegar a la gestión del proyecto.

Tabla 30. Descripción del Proyecto. Fuente: Elaboración propia

Proyecto Profesionalizante	Al realizar un proyecto que puede llegar a ser implementado, desarrollado y dar continuidad con los servicios.
Gestión del proyecto	Marco Lógico como es una herramienta para la planificación del proyecto, que facilite la consecución de los objetivos mediante una metodología específica (MML).
Tipo	No experimental, al fundamentarse en la observación de lo ya construido (las escuelas Ford).
Corte	Transversal con la comparación de los diferentes espacios educativos, así como diferentes ubicaciones y por lo tanto diferentes condiciones climáticas, en temporalidad actual.
Profundidad	Analítica y aplicativa de los parámetros necesarios con intervalos de confianza en el proyecto.
Enfoque	Mixto concurrente con recopilación, análisis e integración de datos cuantitativos y cualitativos.

Modalidad de la investigación

Investigación de campo

El proyecto profesionalizante e investigación desarrollada estudia los hechos actuales, que están pasando en las diferentes instituciones educativas, esto se hace visitando directamente las diversas instituciones, realizando un levantamiento físico sobre la infraestructura de las escuelas, obteniendo toda la información necesaria para la realización del proyecto; mediante toma de medidas, toma de datos climáticos, revisión del historial climático y académico de cada escuela, con procedimientos de investigación documental.

Investigación bibliográfica – documental

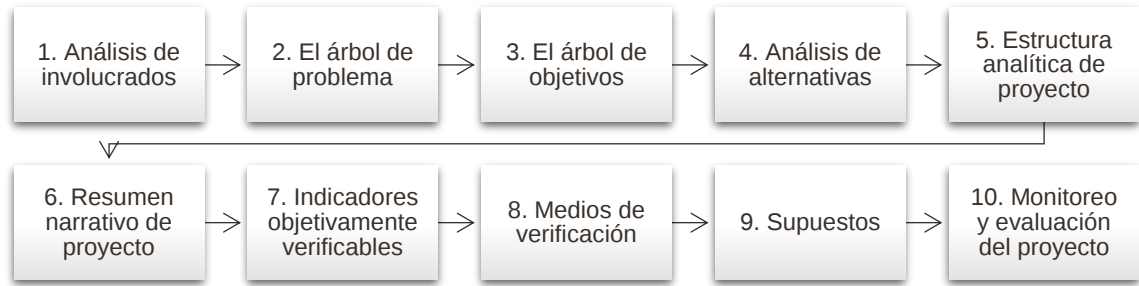
Este proyecto se amplía y profundiza mediante la búsqueda de información de diversas fuentes tales como: IEIFE, SEGE y Escuelas Ford, sobre las normativas, técnicas de construcción y planes educativos, así como publicaciones, internet, textos y aportes que se han tratado sobre las diversas técnicas bioclimáticas, su aplicación y desarrollo; todo con el propósito de amplificar la información de campo obtenida e identificar la información necesaria para determinar una posible solución al problema dentro de las aulas Ford.

Investigación aplicada/simulada

Este proyecto utiliza conocimientos que terminan en una posible solución aplicada y puesta a revisión con la simulación directa sobre los diversos lugares, gracias a programas de diseño como Climate Consultant, IQ Air, Andrew March, AutoCAD, o el Software DesingBuilder, que conjunto con esta evaluación, se planea valorar los supuestos y riesgos a tomar en cuenta, con el fin de mejorar todo el proyecto profesionalizante.

Métodos

Se trata de un tipo de investigación-acción, que está centrada en encontrar una alternativa de solución, que permitan mejorar el confort térmico dentro de los espacios educativos tipo Ford. Por lo que es necesario realizar actividades que permitan llegar a la gestión del proyecto.

Metodología del Marco Lógico:**Imagen 59.** Metodología del Marco Lógico. Fuente: Elaboración propia

Este tipo de herramienta de gestión facilita la planificación, ejecución y evaluación de un proyecto.

En primer paso se identifican de los interesados del proyecto, detallando los intereses, recursos usados y posibles riesgos de cada tipo de interesado. Para la elaboración del árbol de problemas se debe representar los posibles problemas identificados, detallando sus causas, efectos y conflicto central. En cuanto al árbol de objetivos, se describe las soluciones a los efectos detallados en el árbol de problemas. En la identificación de alternativas, se buscan las soluciones descritas en el árbol de objetivos. Después se continua con la relación de los problemas, con los objetivos y las alternativas, y se busca la estrategia óptima para cumplir con los objetivos, identificando los indicadores y la descripción de los medios de verificación, las fuentes que se usan para evaluar el éxito. Por último, la evaluación y seguimiento del funcionamiento del proyecto.

También se toma parte del *Método Investigación-Acción*, donde el objetivo de este método está en producir los cambios en la realidad estudiada. Por medio de este método se tratará de llegar a una solución para resolver los problemas específicos utilizando una metodología rigurosa.

Dentro de las opciones metodológicas de este método, está la adaptación de la metodología cuantitativa (incluyendo la experimentación, control de variables, análisis estadístico, etc.) y la posibilidad de contemplarse como una extensión lógica del concepto de “praxis”. Este postulado plantea que el criterio de la verdad solo puede ser la práctica social. Las principales características que este tipo de método implica son:

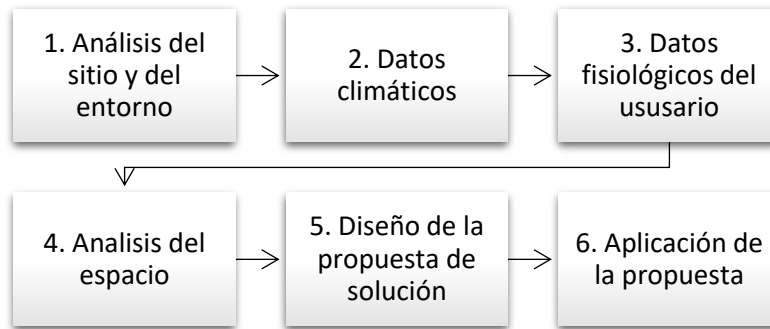


Imagen 60. Método de Investigación-Acción. Fuente: Elaboración propia

Este estudio y siguiendo esta metodología permitirá visualizar las variables naturales y artificiales del contexto, para lograr una integración del proyecto y aprovechar los beneficios que provee el entorno y controlar los elementos desfavorables. Como lo son, la ubicación geográfica, el medio natural y las actividades sociales. Otra información importante que se debe tomar en cuenta son los datos climáticos y la concentración de CO₂ del espacio de estudio, esta información es clave para llegar a la propuesta de solución y el diseño bioclimático, para identificar los requerimientos de climatización, en relación con el confort térmico necesario para las aulas. Se continúa con el análisis del usuario, dado detalles de quienes usan el espacio, las actividades realizadas, los requerimientos de confort en relación con los requerimientos funcionales y espaciales. Por último, también se realiza un análisis del espacio estudiado, que en este caso son las aulas tipo Ford de las diferentes ubicaciones, conociendo las características de los espacios educativos,

constructivas, sistemáticas y de diseño. Todo esto terminaría con el diseño de la propuesta de solución y la aplicación de tal propuesta.

Otra metodología que también sigue las características necesarias para el trabajo profesionalizante es el *Método de Simulación*, que parte del método de modelación, donde se recrean modelos para investigar la realidad. El modelo debe tener cierta analogía estructural y funcional con el objeto de investigación, señalando que es una de las vías más importantes en la adquisición de nuevos conocimientos.

Las etapas del método de simulación son:

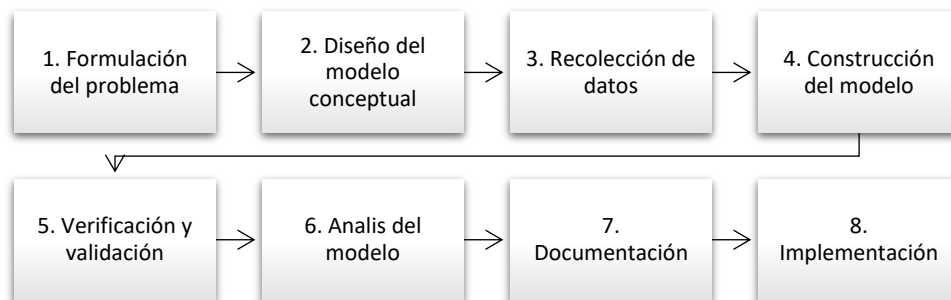


Imagen 61. Método de Simulación. Fuente: Elaboración propia

Tener claros los objetivos del proyecto, y expresarlos formalmente hace que el diseño del modelo conceptual sea más sencillo, identificando las herramientas a utilizar. También es importante la recolección de datos, donde estos se deben verificar, en importancia de cantidad y calidad de los datos obtenidos. Para llegar a la construcción del modelo, se debe tener en cuenta que el propósito no es el modelo en sí, sino resolver el problema. Aquí llega el momento de simulación, gracias a programas, softwares, recreaciones físicas o experimentos. La verificación implica asegurarse de que el modelo de simulación sigue las especificaciones del modelo conceptual. La validación requiere comprobar que las hipótesis de trabajo sean correctas, es decir, el modelo debe basarse en el mundo real para que sus resultados sean válidos. Llegando al momento del análisis, este consiste en experimentar con el modelo realizado. Casi para terminar, se sigue con la

documentación que permita saber el estado y la evolución del proyecto. Se puede utilizar la siguiente estructura: Introducción, objetivos, hipótesis, descripción física del sistema, descripción del modelo, análisis de los experimentos efectuados, conclusiones. Finalmente, la implementación del modelo, donde toman las decisiones con base en la simulación.

Creación de variables e indicadores

Poder medir el propósito central del Resumen Narrativo, parte de la habitabilidad del espacio educativo, refiriéndose a la disposición de un edificio en su espacio, es decir, trata de aprovechar las condiciones medioambientales del entorno para beneficio de los usuarios. Por lo tanto, se debe construir tomando en cuenta el ambiente y las condiciones climáticas para un mejor aprovechamiento y cumplimiento de la finalidad de la arquitectura.

En la investigación documentada se establece como habitabilidad educativa a aquellos espacios educativos cuyas instalaciones permiten la reproducción de los procesos eficaces de enseñanza-aprendizaje en un ambiente de dicha habitabilidad por parte de los usuarios, y menciona 8 dimensiones hacia las cuales enfocar el estudio de espacios educativos:

1. Disponibilidad de instalaciones y equipamiento en la escuela. La existencia de adecuadas instalaciones educativas, servicios, etc.
2. Condiciones físicas de instalaciones y equipamiento. Las condiciones físicas de las instalaciones escolares.
3. Confort físico en el aula. Involucra 5 aspectos: confort térmico, iluminación, ventilación, acústica y calidad del mobiliario.
4. Espacio educativo: amplitud, versatilidad y apariencia estética. Se refiere a las dimensiones óptimas, la forma del espacio y un ambiente estético.
5. Sustentabilidad de la escuela. Análisis de la situación ambiental.
6. Higiene y seguridad física en la escuela. Es fundamental para prevenir focos de enfermedades que pudieran afectar a los estudiantes.

7. Accesibilidad de las instalaciones educativas. Facilidades físicas y arquitectónicas para ingresar a la escuela.

8. Infraestructura y servicios en el vecindario. Contar con servicios agua potable, luz eléctrica y drenaje es indispensable, además de unidades médicas cercanas, bibliotecas públicas, etc.

Por lo que realizar parámetros para determinar los datos que son necesarios saber:

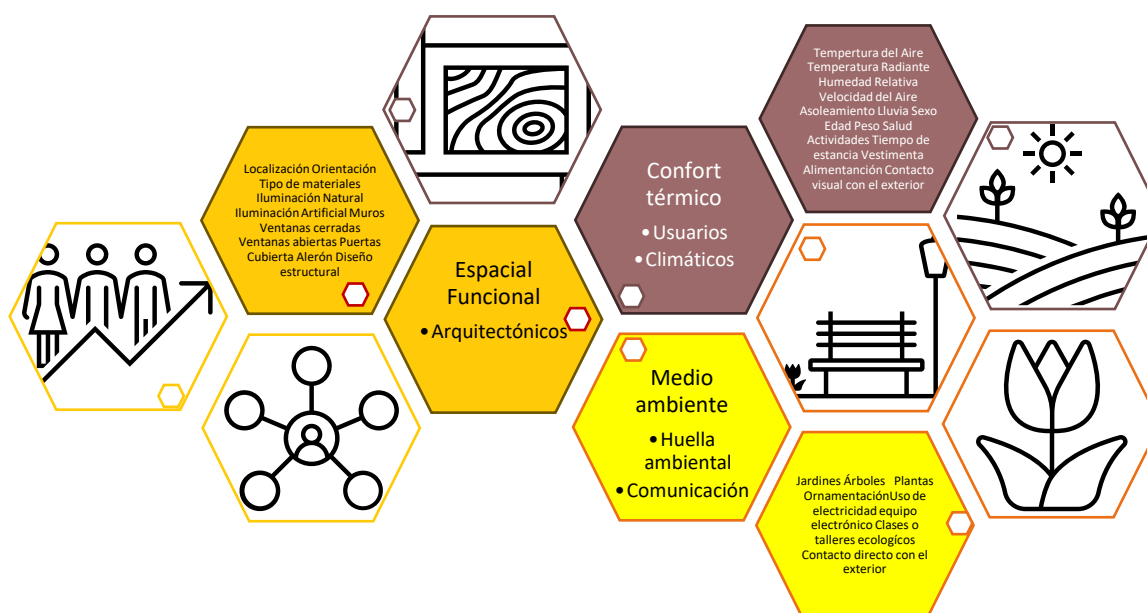


Imagen 62. Creación de indicadores. Fuente: Elaboración propia

Después de determinar los puntos centrales que se necesitan conocer y partir de las variables establecidas, se determinan indicadores, los cuales se derivan de la necesidad y requerimiento de información que fortalezca cada dimensión que representan las variables. Por último, y como complemento de las variables y de los indicadores, se especifican las herramientas de recolección necesarias para llevar a cabo la evaluación dentro del proceso metodológico, así como los actores que intervienen en cada uno (Ver tabla 31). También se describen en fichas técnicas para conocer a fondo cada una de las variables e indicadores (Ver ejemplo en anexo).

Tabla 31. Indicadores y variables que Determinan el Confort Térmico Interior en Escuelas Ford. Fuente: Elaboración Propia

Confort térmico ideal	Variables	Características	Dimensiones	Indicadores	Medición	Recolección de Datos	Equipo	Actor
	Confort térmico	Climáticas	Exterior	Temperatura del Aire	Grados centígrados	Monitoreo	Monitor de estrés térmico, Hobo	Espacio Físico
				Temperatura Radiante	Grados centígrados	Monitoreo	Monitor de estrés térmico	Espacio Físico
				Humedad Relativa	Porcentaje	Monitoreo	Monitor de estrés térmico	Espacio Físico
				Velocidad del Aire	kilómetros por hora	Monitoreo	Monitor de estrés térmico	Espacio Físico
				Asoleamiento	Horas	Monitoreo	Heliodón, Software	Espacio Físico
				Lluvia	milímetros	Monitoreo	Pluviómetro	Espacio Físico
			Interior	Temperatura del Aire	Grados centígrados	Monitoreo	Cámara termográfica	Espacio Físico
				Temperatura Radiante	Grados centígrados	Monitoreo	Cámara termográfica	Espacio Físico
				Humedad Relativa	Porcentaje	Monitoreo	Monitor de estrés térmico	Espacio Físico
				Velocidad del Aire	kilómetros por hora	Monitoreo	Monitor de estrés térmico	Espacio Físico
		Concentración de CO ₂		Partes Por Millón	Monitoreo	Hobo y Monitor de CO ₂	Espacio Físico	
		Usuarios	Fisiológicos y Psicológicos	Sexo	Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Edad	Años	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Peso	Kilos	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Salud	Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Actividades	Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Tiempo de estancia	Minutos	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Vestimenta	Valor	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
				Alimentación	Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
	Contacto visual con el exterior			Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes	
Espacial-Funcionalidad	Arquitectónicos	Físicas	Localización	Grados	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno	

Confort Térmico en Aulas Tipo Ford

			Orientación	Nominal	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
			Tipo de materiales	Descripción	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico
			Iluminación Natural	Lumen	Monitoreo	Luxómetro	Espacio Físico
			Iluminación Artificial	Lumen	Monitoreo	Luxómetro	Espacio Físico
			Muros	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Ventanas cerradas	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Ventanas abiertas	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Puertas	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Cubierta	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Alerón	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Diseño estructural	Descripción	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico

Confort Térmico en Aulas Tipo Ford

		Adaptabilidad del espacio	Actividades	Descripción	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Espacio Físico
			Movilidad de Usuarios	Descripción	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Espacio Físico
			Elementos y dispositivos adaptados	Descripción	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico
		Espaciales y de función	Dimensiones	Descripción y medidas	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Forma	Descripción y medidas	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Circulaciones	Descripción y medidas	Levantamiento físico	Visita directa, cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo	Espacio Físico
			Equipo técnico y tecnológico	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico
		Características de adaptación y transformación:	Urbanización	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
			Servicios	Tipo y Número	Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
		Medio Ambiente	Huella Ambiental	Área verde	Jardines	Tipo y Número	Levantamiento físico
Árboles	Tipo y Número				Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
Plantas	Tipo y Número				Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
Ornamentación	Tipo y Número				Levantamiento físico	Visita directa	Espacio Físico y Entorno
Energía	Uso de electricidad equipo electrónico			Descripción	Levantamiento físico y encuestas	Cuestionario directo o vía web	Espacio Físico
Comunicación	Ambiental		Clases o talleres ecológicos	Nominal	Levantamiento de encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes
			Contacto directo con el exterior	Nominal	Levantamiento físico y encuestas	Cuestionario directo o vía web	Alumnos y Docentes

Después de determinar los puntos centrales que se necesitan conocer y partir de las variables establecidas, se determinan indicadores, los cuales se derivan de la necesidad y requerimiento de información que fortalezca cada dimensión que representan las variables.

Para el desarrollo del sistema de evaluación de las dimensiones anteriores se recogen y analizan datos a partir del análisis documental de leyes, reglamentos, normas, guías y planes de los tres órdenes que rigen la construcción de escuelas Ford: Comité Cívico de Ford Company, Instituto Estatal de infraestructura Física Educativa (IEIFE) y la Secretaría de Educación Gobierno del Estado (SEGE).

Variable Dependiente: Enfocar la atención de alumnos en el aprendizaje debido a la comodidad en el espacio educativo.

Variables Independientes: Datos climáticos (lluvia, aire, sol, temperatura, CO₂), Condiciones de usuarios (edad, sexo, salud, actividades, vestimenta) y Aulas Educativas (forma, estructura, diseño, materiales, orientación, exposición, etc.).

Indicadores verificables

Los indicadores objetivamente verificables, son medidas de referencia que indica el progreso actual o final del proyecto (Betancourt,2017). Para poder seleccionar los indicadores correctos se debe hacer reflexión de una frase para la toma de decisiones “Lo que no se mide no se controla. Si no se controla no se dirige. Si no se dirige no se puede mejorar” (Betancourt,2017). Siguiendo el modelo de la metodología del Marco Lógico se continua con la columna de los indicadores objetivamente verificables (ver tabla 32).

Tabla 32. Resumen Narrativo con Indicadores. Fuente: Elaboración propia

	Resumen narrativo	Indicadores
Fin	Determinar la sensación térmica al interior de espacios educativos.	Confort térmico ideal de cada espacio educativo.
	Utilizar técnicas bioclimáticas para mejorar el confort en espacios educativos.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas.

Propósito	Mejorar el confort térmico al interior de los espacios educativos tipo Ford en S.L.P.	Aplicar sistemas y técnicas que mejoren el confort térmico.
Componentes	-1. Enfocar la atención de alumnos en el aprendizaje debido a la comodidad en el espacio educativo.	Disminuyendo las incomodidades del espacio educativo.
	-2. Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar	Adecuando las actividades con el espacio físico y las condiciones climáticas.
Actividades	1.1 Revisando los espacios educativos en cuanto a su forma física y actividades a realizar al interior, también horarios de dichas actividades.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.
	1.2 Analizando el contexto físico, económico y social que rodean las escuelas Ford.	Entrevistas, revisión documental y revisión del espacio físico.
	1.3 Dando propuestas de solución a los espacios ya construidos.	Levantamiento físico del espacio educativo.
	1.4 Adecuando los espacios educativos con la ventilación e iluminación natural.	Reordenando el espacio a las condiciones climáticas.
	1.5 Ampliando y cuidando las áreas verdes de la escuela para mejorar la sensación de confortabilidad de los usuarios.	Revisión del área verde de cada escuela.
	2.1 Realizando estudios físicos del lugar al adaptar el prototipo de escuela primaria Ford y dando los cambios necesarios para esa adaptación.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.
	2.2 Revisando alternativas de mejoramiento de confort térmico.	Revisión y comparación de técnicas bioclimáticas
	2.3 Analizando materiales adecuados y considerando los costos para dichos materiales.	
	2.4 Simular el uso de las técnicas bioclimáticas para el mejoramiento del confort térmico.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas en softwares.
	2.5 Realizar propuestas de mejoramiento.	Entrega del informe final.

Instrumentos de medición

Parte del equipo que se necesita para la recopilación de datos es gracias a ciertos instrumentos:

- *El levantamiento físico* que se hace gracias a visitas en los espacios educativos, requiero de instrumentos de apoyo como los son cinta métrica, cámara fotográfica, tablas de apoyo. Todo esto con fin de reconocer el sitio de estudio.
- *Para realizar la entrevistas y encuestas*, también se presenta un documento escrito que describe las cuestiones a realizar, estas se realizan en una de las visitas al lugar o por la situación actual y el manejo de la tecnología también se pueden lograr gracias vía web, contestando vía un cuestionario digital o video llamada.
- *Revisión documental*, mediante diversas tablas de apoyo, toma de notas, diagramas y monitoreo digital para ir creciendo el acervo que contendrá el proyecto.

Algunos de los equipos eléctricos que se requieren para el monitoreo directo son:

- Termómetro infrarrojo. Este instrumento realiza medición de temperatura.
- Cámara termográfica. Detectan la energía infrarroja emitida, transmitida o reflejada por todos los materiales u objetos y convierten el factor de energía en una lectura de temperatura, la cual refleja a través de una imagen, la energía infrarroja que se está transmitiendo.
- Hobo. Es un registrador de datos resistente a la intemperie con sensores externos de temperatura y humedad relativa.
- Medidor de CO₂. Son instrumentos relativamente asequibles y fáciles de utilizar que miden el dióxido de carbono. También hay otros dispositivos que controlan "la calidad del aire" de forma global.
- Diversos Softwares que ayudan en la revisión digital del proyecto.

Es necesario considerar los diferentes datos a recopilar tendrán una relación entre el medio ambiente térmico y las sensaciones fisiológicas y psicológicas que experimentan las personas frente las condiciones, estos son dos enfoques distintos:

- A partir de modelos de balance térmico del cuerpo: basado en el confort térmico en estado estable, obtenido a partir de cámaras climáticas de ambiente controlado.
- A partir de modelos de adaptación: derivado de estudios en campo en condiciones reales y en relación con el confort térmico. Se asume que la gente se adapta a las condiciones térmicas modificando su arropamiento, postura, horario de actividades, niveles de actividad, dieta, bebidas, ventilando, etc. Además de ajustes psicológicos inconscientes.

Población y Muestreo

Tomando en cuenta que los estudios ambientales son más fáciles de evidenciar en ciudades, la unidad de análisis se encuentra en 3 diferentes del Estado de San Luis Potosí, para desarrollar el tema en las escuelas Ford. Se seleccionaron tres escuelas Ford, que se ubican en tres municipios diferentes (San Luis Potosí Ford 177, Villa de Zaragoza Ford 196 y Río Verde Ford 104). Por su distribución en el estado y al contar también con diferentes estructuras físicas, también diferentes años de creación diferencias con sus usuarios y cultura. Existen diversos tipos de estadística, pero la más conocida y la que se requiere en la mayoría de las investigaciones es la estadística descriptiva, ya que permite presentar de manera resumida y organizada los datos numéricos obtenidos, y este es el caso en el proyecto de Intervención del Confort térmico en las Aulas Tipo Ford.

Los alumnos y profesores se ven expuestos en ocasiones a situaciones que pueden llegar a generar sensaciones de excesivo frío o calor, dentro de los espacios educativos.

Esto produce malestar, cansancio o un estado de desasosiego que puede afectar al desarrollo normal de las tareas y de la vida escolar.

Población: Población estudiantil Alumnos 3,501 y Profesores 173 de las 7 escuelas Ford.

Características del conocimiento requerido:

¿Cuál es el confort térmico ideal de las aulas de esos usuarios?

¿Cómo es el espacio arquitectónico que utilizan los usuarios?

Continuando con la recopilación de datos, las encuestas ayudan a representar con mayor atención la información que se requiere y es por ello por lo que se determina una población, que es todo el universo de la información que se requiere. Pero como la mayoría de las veces, la población es un número muy grande está se puede determinar por un número más pequeño y por ello es necesario tomar en cuenta:

- Tamaño de la población.
- Nivel de confianza.
- El margen de error (confianza).

Las muestras de la población: son el subconjunto representativo de la población.

Pueden ser:

Aleatorio: aleatorio simple, sistemático, estatificado.

No aleatorio: experto, por cuotas, semi aleatorio, bola de nueve.

Gracias a las herramientas tecnológicas determinar un muestreo, es sencillo, dependiendo del tamaño de población para realizar encuestas a los afectos por el confort térmico inadecuado en las Aulas Escolares tipo Ford 3,121 alumnos más 173 docentes da un total de 3,294 usuarios. Y al momento de introducir datos en la “Calculadora de Muestra Estadística” (corporacionaem.com, 2021) esta nos arroja que:

- Margen: 10%
- Nivel de confianza: 99%
- Población: 3,294
- Tamaño de muestra: 158.

Para la realización del proyecto de intervención donde se necesitan realizar encuestas, el número de estas sería 158 personas requeridas.

Cronograma de Actividades

La selección es dentro de los diferentes espacios educativos tipo Ford que se encuentran en el estado de San Luis Potosí.

El tiempo en el que se lleva a cabo este trabajo consta de duración de dos años (4 semestres) que se lleva a la par junto con las materias llevadas en la maestría, de agosto del 2021 a junio del 2023. Es necesario realizar diversas visitas a las Escuelas Primarias tipo Ford, que se resumen en visitas:

1. Visita para reconocer el sitio de estudio.
2. Visita para levantamiento físico.
3. Visita para levantamiento de entrevistas y encuestas.
4. Visitas para el monitoreo de datos climáticos, espacial y personal.
5. Visita para recopilar información faltante.
6. Visita para corroborar datos.

El proceso de la Metodología del Marco Lógico dentro del proyecto es necesario realizar la recopilación de datos, los cuales se llevarán a cabo en diferentes etapas (ver tabla 33) y cada una de ellas con una serie de pasos que brinde información, y que se recopilada en diferentes fichas (ver anexo para conocer las fichas de recopilación de datos).

Tabla 33. *Etapas para el proyecto profesionalizante. Fuente: Elaboración propia*

1. Selección del caso de estudio en el estado y las unidades de análisis.
2. Valoración de las diferentes escuelas Ford.
3. Toma de datos e información necesaria.
4. Recopilación de toda la información.
5. Análisis de datos recabados.
6. Determinación de resultados.
7. Simulación de propuesta.
8. La propuesta de mejoramiento.

Se decidió empezar desde el mes de diciembre de 2021 para iniciar con el reconocimiento del sitio, en abril del 2022 se empezó con la recolección de datos físicos y levantamiento de encuestas, dejando el monitoreo para diversos meses. Posteriormente se sigue con la evaluación e interpretación de estos datos, para el análisis y determinar propuestas de técnicas bioclimáticas.

También fue necesario realizar visitas y estancia de investigación en SEGE (Secretaría de Educación de Gobierno del Estado), IEIFE y Biblioteca de la Facultad del Hábitat, durante el periodo de realización de este proyecto.

Capítulo 4.
Análisis físico y
estadístico de las
escuelas Ford

Estudio Escuelas Ford

Las escuelas Ford son parte del Programa Educación en Movimiento que fue creado por el Comité Cívico de la Compañía de Autos Ford, que conjunto con el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa y el Instituto Estatal de Infraestructura Física Educativa edifican escuelas de educación primaria para la Secretaría de Educación Pública.

Unidad de Análisis y Registros

Las 7 escuelas Ford pertenecientes al estado se localizan en 4 municipios de San Luis Potosí, y para realizar una comparación adecuada y análisis, se valoraron 3 escuelas (ver imagen 63) que se ubican en los municipios de San Luis Potosí (escuela Ford 177), Villa de Zaragoza (escuela Ford 196) y Río Verde (escuela Ford 104). La investigación parte por sus diferentes formas espaciales y las dimensiones de las aulas, así como la situación geográfica y condiciones climáticas de cada municipio.

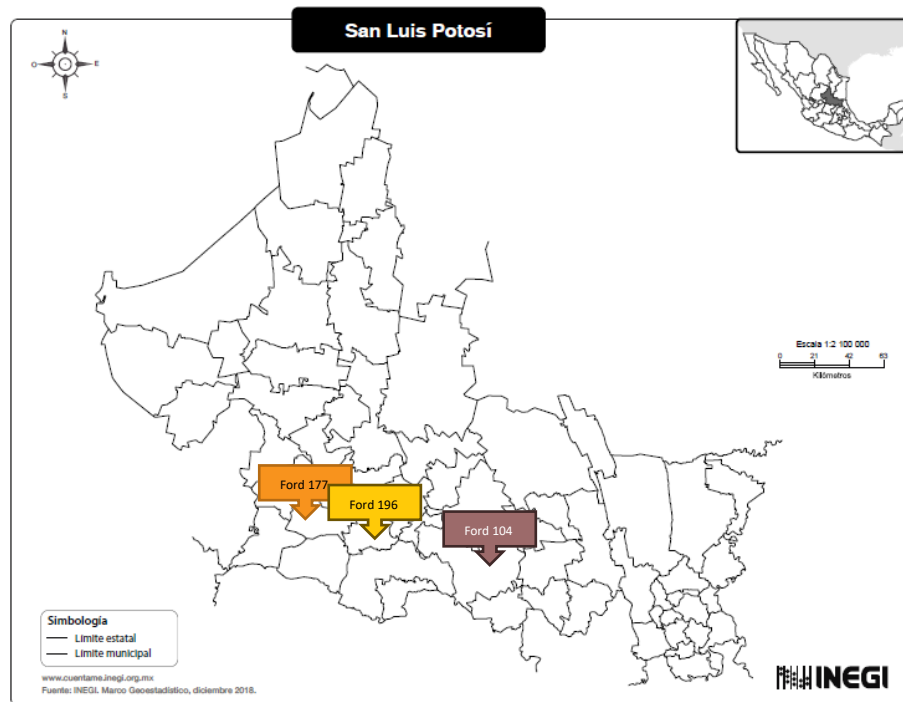


Imagen 63. Ubicación de Unidad de Análisis, Escuelas Ford en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo y toma de información necesaria, fue necesario realizar diversas visitas a las Escuelas Primarias Ford (ver tabla 27), con diversos instrumentos y fichas que sirvieron en el propósito de recopilar los datos necesitados.

Tabla 34. Fechas de visitas para la toma de información. Fuente: Elaboración propia.

Año	Mes	Día	Actividad	Lugar
2021	Agosto		Determinación y selección del proyecto profesionalizante	San Luis Potosí
	Septiembre	21	Primera visita para reconocimiento y presentación en las Escuelas Primarias tipo Ford.	SLP y Soledad
		25	Primera visita para reconocimiento y presentación en las Escuelas Primarias tipo Ford.	Zaragoza y Río Verde
	Noviembre	22	Encuesta Piloto	Ford 177 SLP
		22	Entrevista con Comité Cívico Ford.	Telefónica
		29 nov-3 dic	Encuestas en línea.	SLP, Zaragoza y Río Verde
		30	Encuestas presenciales y en línea a alumnos, profesores y directores.	Ford 177 SLP
	Diciembre	1	Encuestas presenciales y en línea a alumnos, profesores y directores.	Ford 196 Zaragoza
		2	Encuestas presenciales y en línea a alumnos, profesores y directores.	Ford 104 Río Verde
		6	Toma de datos climáticos (piloto).	SLP, Zaragoza y Río Verde
2022	Febrero	8	Recopilación de Información.	Ford 177 SLP
		9	Recopilación de Información.	Ford 196 Zaragoza
		10	Recopilación de Información.	Ford 104 Río Verde
	Mayo	26	Toma de datos climáticos.	Ford 177 SLP
		31	Toma de datos climáticos.	Ford 196 Zaragoza
	Junio	2	Toma de datos climáticos.	Ford 104 Río Verde
	Septiembre	6, 7 y 8	Toma de datos climáticos.	Ford 196 Zaragoza
		13, 14 y 15	Toma de datos climáticos.	Ford 177 SLP
		20, 21 y 22	Toma de datos climáticos.	Ford 104 Río Verde
	Octubre- Noviembre		Estancia de Investigación.	SEGE
	Diciembre	6	Toma de datos climáticos.	Ford 177 SLP
		7	Toma de datos climáticos.	Ford 196 Zaragoza
		8	Toma de datos climáticos.	Ford 104 Río Verde
2023	Abril	26 y 27	Toma de datos climáticos	Ford 177 SLP
	Mayo	2 y 3	Toma de datos climáticos.	Ford 196 Zaragoza
		4 y 5	Toma de datos climáticos.	Ford 104 Río Verde
	Junio	9	Presentación de toda la Información	SLP

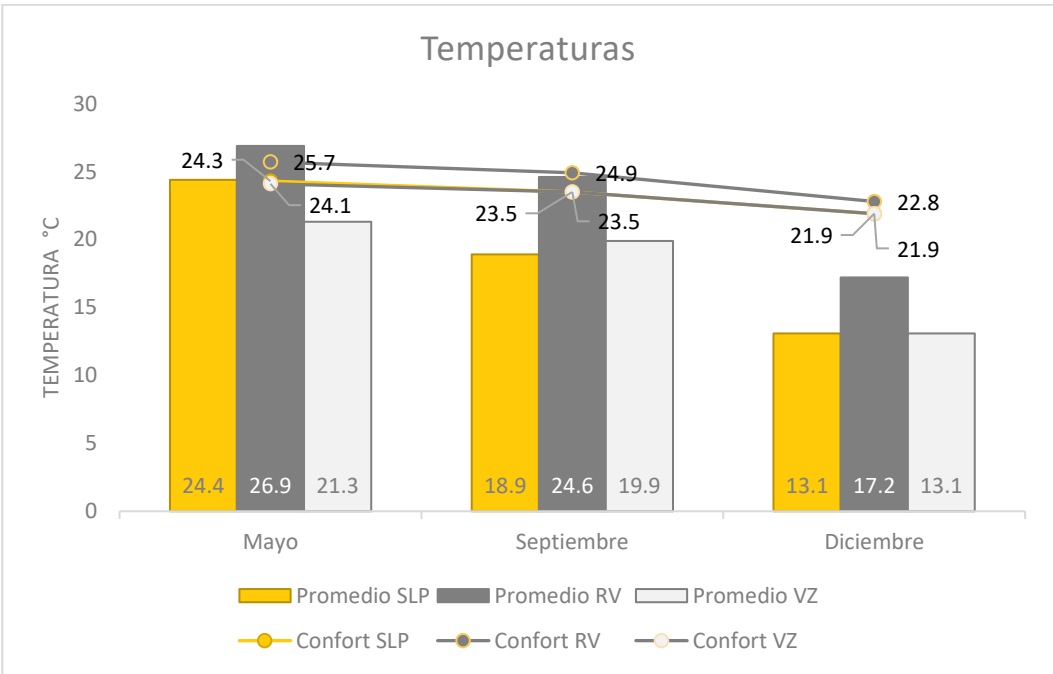
Confort térmico

Para empezar a realizar una comparación directa sobre la temperatura de Confort Térmico Ideal dentro de cada Escuela Primaria Ford, se realizó una tabulación y gráfica, gracias a los datos obtenidos en las visitas realizadas durante todo el periodo de monitoreo del proyecto y es revisada con la fórmula de:

$$T_n=17.6(0.31T_o)$$

Tabla 35. Temperatura Promedio y Temperatura del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia

	Mayo		Septiembre		Diciembre	
	Promedio	Confort	Promedio	Confort	Promedio	Confort
Rio Verde	26.9°	25.7°	24.6°	24.9°	17.2°	22.8°
San Luis Potosí	24.4°	24.3°	18.9°	23.5°	13.1°	21.9°
Villa de Zaragoza	21.3°	24.1°	19.9°	23.5°	13.1°	21.9°



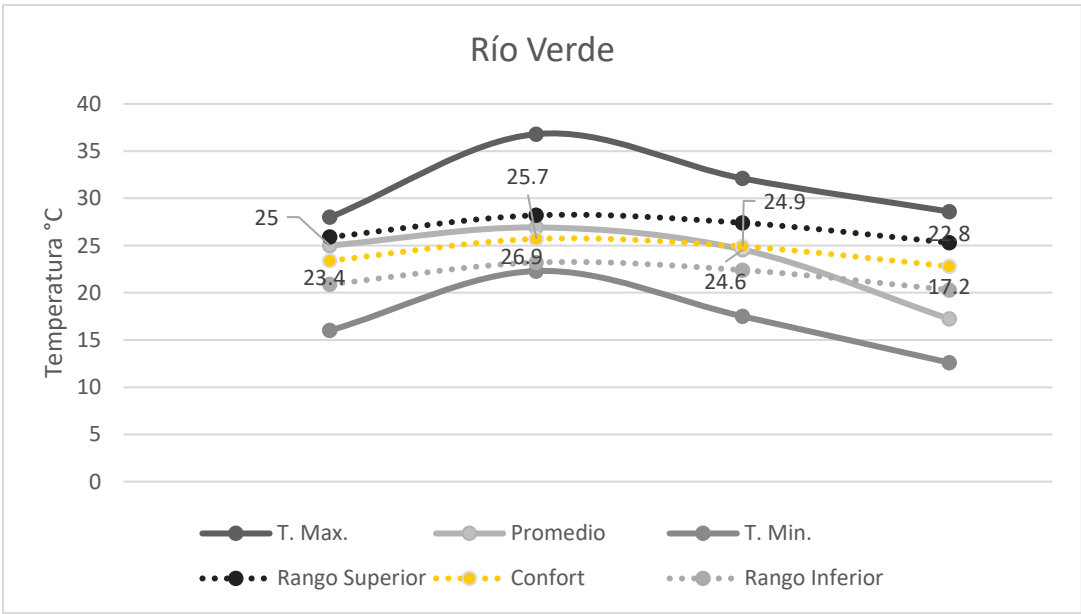
Gráfica 15. Temperatura Promedio y Temperatura del Confort Térmico. Fuente: Elaboración Propia

Para el mes de mayo que se realizó la primera medición, la temperatura promedio en Río Verde es superior a la temperatura de confort, para San Luis Potosí son casi la misma medición, mientras que en Zaragoza la temperatura promedio es menor que la

temperatura de confort. En septiembre durante la segunda visita se empieza a observar que la temperatura promedio es menor que la temperatura de confort en las 3 ubicaciones. Y para diciembre la temperatura promedio es totalmente por debajo de la temperatura de confort que debería tener las 3 escuelas.

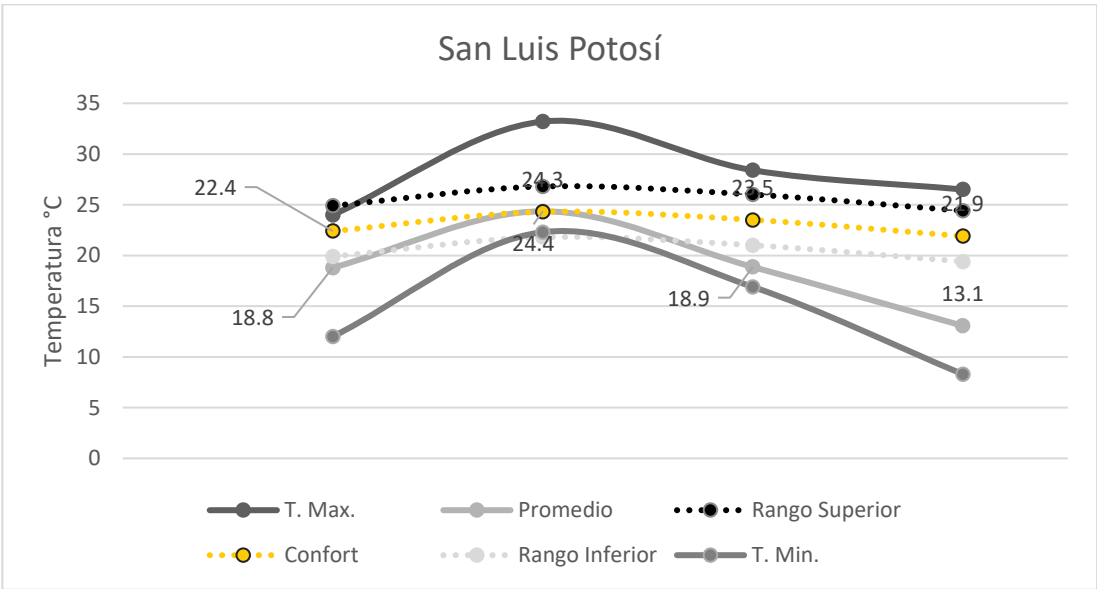
El confort térmico para cada una de las escuelas cambia con respecto al mes de medición y para determinar la Zona de Confort de cada una de ellas es necesario conocer la Temperatura Máxima, la Temperatura Mínima, la Temperatura Promedio, la Temperatura de Confort y el Rango Superior e Inferior.

En la gráfica 16 que corresponde al municipio de Río Verde, la escuela Ford 104, resalta como llega a tener temperaturas máximas de 36.8°C durante el mes de mayo, mientras que la temperatura ideal para el confort térmico corresponde a los 25.7°C, lo que significa que hay más de 8°C de temperatura que superan la zona de confort para las actividades en espacios cerrados. El mes de diciembre se observa con temperaturas mínimas, llegando hasta los 12.6°C, mientras que el grado de confort para ese mes es de 22.8, también pasando 8°C de diferencia entre el rango inferior y las temperaturas mínimas.



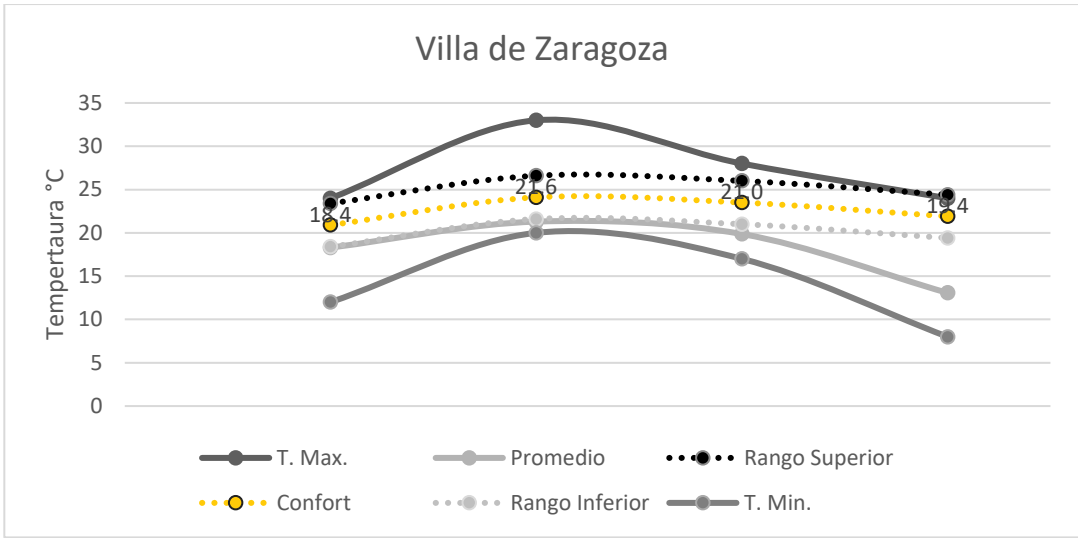
Gráfica 16. Zona de Confort de la Escuela 104 en Río Verde. Fuente: Elaboración propia

Se puede observar la gráfica 17, que zona de confort de la escuela primaria Ford 177 en San Luis Potosí, mantiene un promedio dentro de la zona de confort para el mes de mayo, pero éste se va saliendo conforme pasan los meses a estar más fríos, donde el promedio de temperatura de 13.1°C esta fuera con más de 5°C, y las temperaturas mínimas sobrepasan los 10°C de diferencia.



Gráfica 17. Zona de Confort de la Escuela 177 en San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 18 que corresponde a la escuela 196 localizada en Villa de Zaragoza, con temperaturas muy parecidas a las de San Luis Potosí, se observa cómo sigue un promedio fuera del rango de confort térmico esperado en las escuelas, hay datos mínimos en diciembre que sobrepasan la diferencia de 10°C con respecto del rango inferior de la zona de confort, y pasa algo similar en los meses cálidos, donde las temperaturas máximas sobrepasan con 7°C el rango de temperatura superior.



Gráfica 18. Zona de Confort de la Escuela 196 en Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede observar en todas las localidades es que el confort térmico permanece de una manera constante con el promedio de temperatura, mientras que las temperaturas máximas y mínimas están muy por fuera del rango de zona de confort. La Zona de confort se obtiene sumando o restando 2.5°C a la temperatura de confort obtenida.

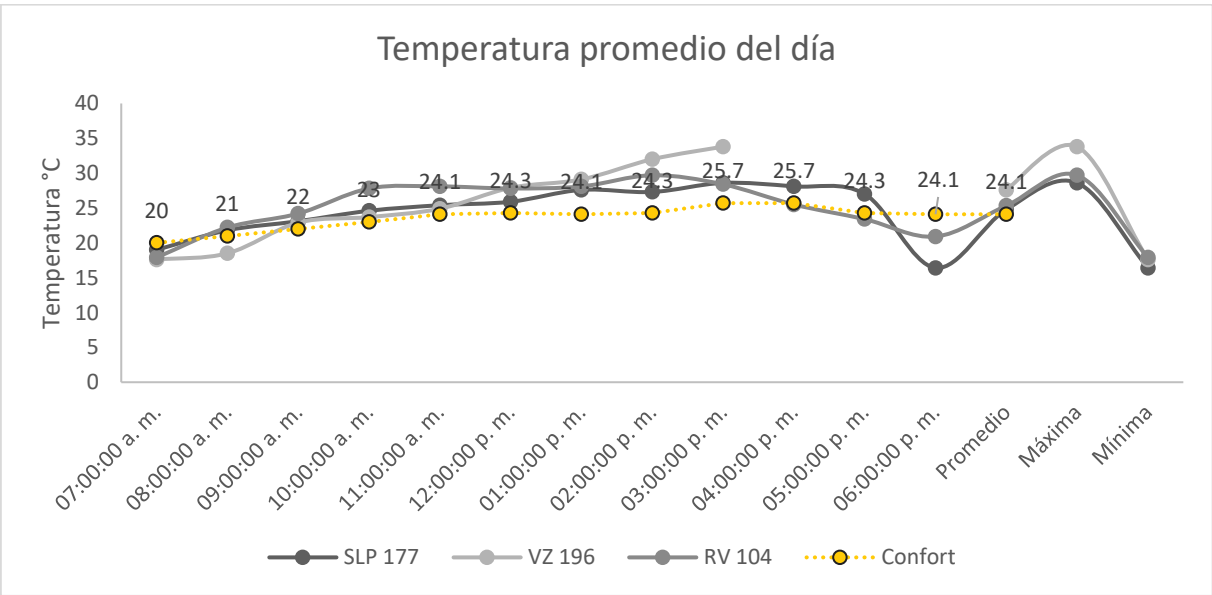
Temperatura

Los días de análisis y toma de los datos climáticos en las escuelas primarias Ford se realizó en las diferentes fachadas, tanto al interior como exterior de los espacios educativos, en los dos tipos de forma de la escuela Ford (hexagonal y rectangular). Las aulas seleccionadas fueron 5° Grado en San Luis Potosí (177) y 6° Grado en Río Verde y Villa de Zaragoza (104 y 196) por su localización al inicio o final del conjunto de aulas de cada escuela. Se realizaron gracias a diversos dispositivos (cámara termográfica, termómetro manual, hobo, monitor de temperatura y CO₂). Antes de pasar a tener temperatura y promedio anual, primero hay que conocer un día promedio dentro de las escuelas primarias Ford (ver tabla 36).

Tabla 36. Temperatura promedio del día, mayo 2022. Fuente: Elaboración Propia

Promedio del día			
Hora/Escuela	177	196	104
07:00:00 a. m.	19.00	17.60	17.90
08:00:00 a. m.	21.80	18.50	22.20
09:00:00 a. m.	23.10	22.90	24.20
10:00:00 a. m.	24.60	23.70	27.80
11:00:00 a. m.	25.40	24.90	28.10
12:00:00 p. m.	25.90	27.90	27.80
01:00:00 p. m.	27.60	29.10	28.10
02:00:00 p. m.	27.30	32.00	29.70
03:00:00 p. m.	28.60	33.80	28.40
04:00:00 p. m.	28.10		25.50
05:00:00 p. m.	27.00		23.40
06:00:00 p. m.	16.40		20.90
Promedio	24.78	27.61	25.33
Máxima	28.60	33.80	29.70
Mínima	16.40	17.60	17.90

Podemos ver la gráfica 19 con los datos anteriores comparado con el confort térmico de las horas del día y son pocos los momentos donde ambos se encuentran en verdadera sincronía, empieza el día con temperaturas muy por debajo del rango del confort y a lo largo del día se mantiene por encima.



Gráfica 19. Temperaturas a lo largo del día. Fuente: Elaboración propia

Para tener un contexto más amplio sobre como llegan los puntos de luz (sol) en las diferentes fachadas de las escuelas se muestra una tabulación de las fachas norte (ver tabla 37) y sur (ver tabla 38), esto por ser fachadas que se localizan accesibles en todas las escuelas.

Las temperaturas que alcanzaban los muros al exterior al estar en contacto directo con la entrada de luz en la fachada norte sobrepasan los 65°C en la escuela 104 en Río Verde siendo las 2:00 pm. Todas las escuelas en la fachada norte durante el horario de 11:00am a 3:00pm tanto al interior como exterior tienen temperaturas muy por encima de la temperatura promedio del día.

Tabla 37. Temperatura Fachada Norte, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia

Norte						
Hora/Escuela	177		196		104	
Muro	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT
07:00:00 a. m.	24.90	23.00	23.90	21.20	28.00	25.60
08:00:00 a. m.	27.30	25.40	24.80	23.70	33.40	32.80
09:00:00 a. m.	31.80	33.50	23.40	23.09	37.90	40.80
10:00:00 a. m.	33.00	34.10	25.40	24.50	46.40	49.80
11:00:00 a. m.	39.50	40.90	26.10	24.80	51.90	67.50
12:00:00 p. m.	40.80	41.60	29.70	27.40	50.10	61.20
01:00:00 p. m.	43.20	45.40	30.30	29.10	50.80	63.20
02:00:00 p. m.	37.80	36.60	29.80	28.80	50.90	65.40
03:00:00 p. m.	27.80	33.50	30.70	27.30	45.80	58.30
04:00:00 p. m.	27.30	32.80			43.60	53.20
05:00:00 p. m.	27.10	31.60			41.70	50.80
06:00:00 p. m.	26.90	28.70			37.40	43.20
Promedio	32.28	33.93	27.52	26.03	43.16	50.98

En la fachada Sur también las temperaturas del interior y exterior sobrepasan la temperatura promedio del día, en un horario más extenso que la fachada norte, 9:00am a 6:00pm.

Tabla 38. Temperatura Fachada Sur, mayo 2022. Fuente: Elaboración Propia

Sur						
Hora/Escuela	177		196		104	
Muro	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT
07:00:00 a. m.	24.80	22.60	22.60	23.90	25.70	23.60
08:00:00 a. m.	24.80	25.00	24.10	25.10	26.90	24.30
09:00:00 a. m.	25.60	29.30	25.50	26.50	27.70	28.00
10:00:00 a. m.	26.40	32.40	27.20	28.40	28.40	31.30
11:00:00 a. m.	28.10	35.20	30.60	30.30	31.70	32.00
12:00:00 p. m.	33.90	39.90	30.90	33.60	33.60	34.80
01:00:00 p. m.	37.30	41.10	31.20	35.40	36.70	38.50
02:00:00 p. m.	40.00	43.90	33.90	36.10	44.90	49.10
03:00:00 p. m.	42.60	46.50	34.40	37.30	52.20	57.90
04:00:00 p. m.	44.70	47.30			58.80	62.10
05:00:00 p. m.	49.90	51.60			59.00	63.20
06:00:00 p. m.	49.80	50.90			58.30	61.20
Promedio	35.66	38.81	30.74	32.48	40.33	42.17

Descripción de toma de datos climáticos

Para la escuela Ford 104 de Rio Verde, la toma de registros climáticos efectuando la toma de temperaturas cada hora del día partiendo de las 7:00am hasta las 6:00pm en 13 puntos de muro y losa el día 2 de junio.

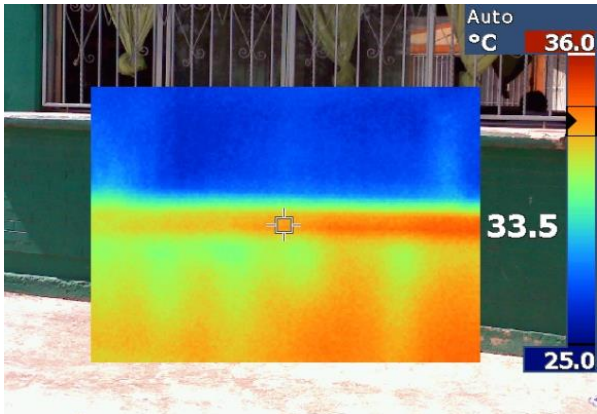


Imagen 64. Imagen termográfica de Escuela Ford 104, en muro orientado al nororiente en el horario de las 11 horas. Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica

El registro de temperaturas para la escuela Ford 177 se realizaron en 28 puntos del aula, el día 26 de mayo con un horario de 7:00am a 6:00pm en intervalos de cada hora. El día transcurrió con nubosidad en determinados periodos con un poco de lluvia a partir de

las 2:00pm por lo que la temperatura en ese horario disminuyó, con respecto a las registradas al mediodía.

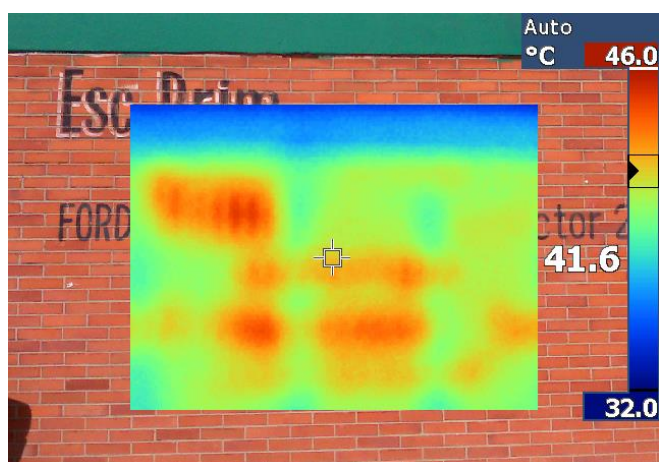


Imagen 65. Imagen termográfica de Escuela Ford 177, en muro orientado al sur-poniente en el horario de las 13 horas. Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica

Para la escuela Ford 196 la visita se registró en 22 puntos en horario de 7:00am a 3:00pm en intervalos de una hora. El día 31 de mayo fue caluroso sin interferencias para registros.

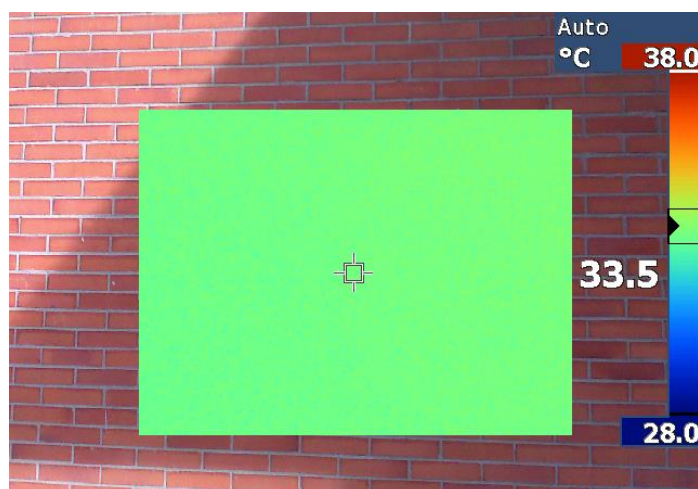


Imagen 66. Imagen termográfica de Escuela Ford 196, en muro orientado al nororiente en el horario de las 11 horas Fuente: Imagen del autor con cámara termográfica

Sobresale como las fachadas que no tienen contacto directo con la salida y puesta de sol, presenta temperaturas superiores a los 60°C al tacto.

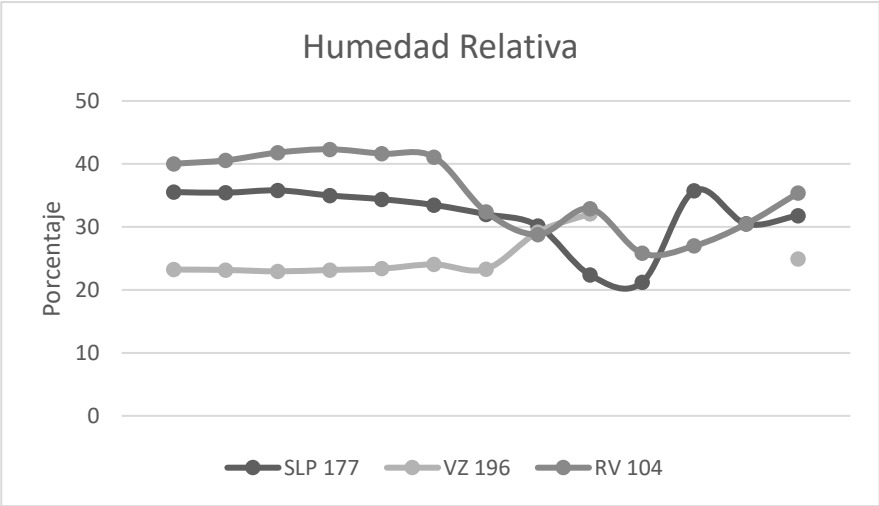
Humedad Relativa

La humedad presente a lo largo del día también tiene repercusiones en cómo se logra sentir el ser humano dentro del espacio, con una humedad muy alta, también afecta con la percepción de la temperatura que rodea. La medición se hizo cada hora a lo largo de la jornada dentro de las tres aulas estudiadas. Por lo que es necesario manejar una tabulación con la humedad presente en un día en las diferentes escuelas primarias Ford (ver tabla 39).

Tabla 39. Humedad Relativa, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia

Hora/Esc.	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	Promedio
SLP 177	35.53	35.43	35.80	34.98	34.39	33.47	32.00	30.16	22.36	21.20	35.74	30.48	31.80
VZ 196	23.23	23.16	22.94	23.16	23.37	24.05	23.30	29.19	32.07				24.94
RV 104	40.02	40.56	41.8	42.32	41.62	41.09	32.38	28.78	32.91	25.81	26.98	30.47	35.39

Al momento de graficar los datos anteriores, es posible notar que la humedad relativa baja a lo largo del día, en las 3 escuelas empiezan el horario escolar con medidas de la humedad relativa altas y al paso del día estas van bajando. Y en el caso de las escuelas Ford 177 y 196 llegan a tener casi los mismos valores, la escuela 196 de Zaragoza no se pudieron tomar los datos posteriores a las 3:00pm por finalización del horario escolar.



Gráfica 20. Humedad Relativa a lo largo del día, mayo 2022. Fuente: Elaboración propia

Velocidad del viento y Concentración de CO₂

La velocidad del aire es uno de los principales datos que se debe tomar en cuenta para el diseño y construcción de un espacio. Así como la dirección de ese viento permite conocer, el flujo de aire, el diámetro de las ventanas, la capacidad de entrada y salida, que ayudarán a mantener una correcta ventilación natural de las aulas.

Medir el dióxido de carbono en un espacio cerrado permite detectar la existencia de problemas de calidad del aire creados por el mismo ser humano. También sirve de apoyo evaluar la entrada del aire y la ventilación del aula.

Se realiza una medición y comparación en conjunto de la velocidad del aire, así como de la concentración del dióxido de carbono dentro del aula, en las 3 escuelas correspondientes, con la diferencia que fueron tomadas dos días diferentes, un día con las ventanas abiertas y el ventilador funcionando y otro día con las ventanas cerradas, solo permitiendo entrada por la puerta que se mantuvo abierta en todo momento.

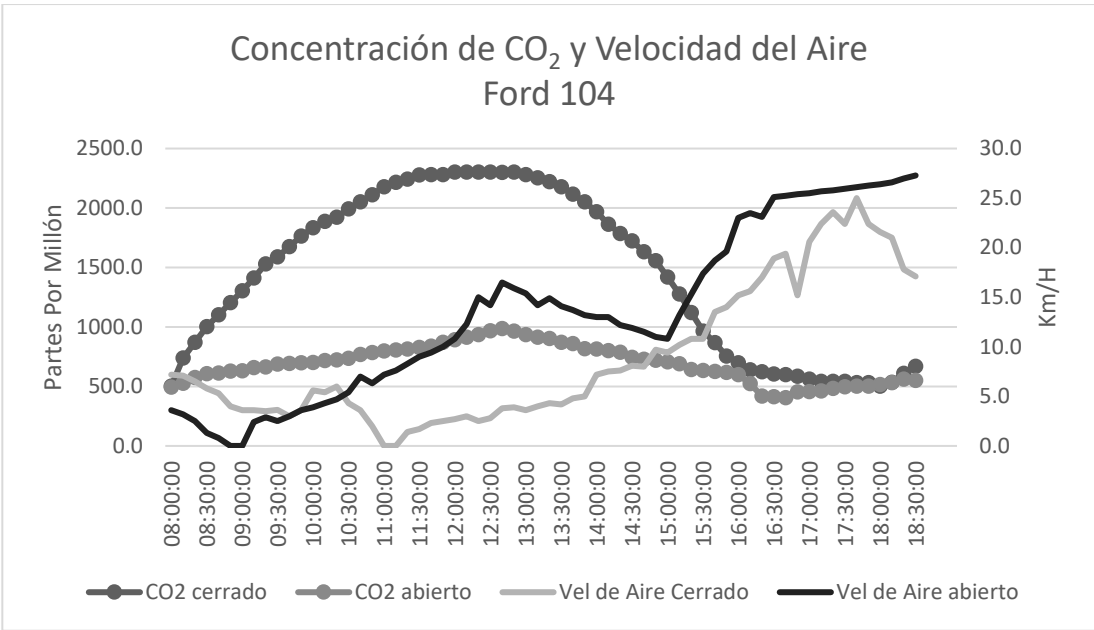
La escuela Ford 104 de Río Verde muestra los siguientes datos recopilados cada 10 minutos (ver tabla 33). El horario de análisis fue de 8:00am-6:30pm que corresponde al horario de clases. La misma aula, en el turno matutino todo se mantuvo igual, mientras que en turno vespertino hubo un cambio con respecto a la cantidad de alumnos, ya que estos fueron 14 con respecto a los 29 alumnos del turno matutino.

Tabla 40. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 104 Río Verde. Fuente: Elaboración propia

Ventanas Cerradas		Ventanas abiertas		Ventanas Cerradas		Ventanas abiertas	
Hora	CO ₂	Vel. de Aire	CO ₂	Vel. de Aire	Hora	CO ₂	Vel. de Aire
08:00:00	501.3	7.2	220.4	3.6	13:30:00	2178.3	4.2
08:10:00	738.3	7.1	230.2	3.2	13:40:00	2115.8	4.8
08:20:00	870.3	6.5	239.9	2.5	13:50:00	2052.7	5.0
08:30:00	1001.3	5.8	249.1	1.3	14:00:00	1969.0	7.2
08:40:00	1102.9	5.3	258.2	0.8	14:10:00	1862.2	7.5
08:50:00	1203.3	4.0	267.4	0.0	14:20:00	1784.9	7.6
09:00:00	1303.1	3.6	275.9	0.0	14:30:00	1724.2	8.1
09:10:00	1412.2	3.6	283.9	2.4	14:40:00	1632.6	8.0
09:20:00	1530.2	3.5	290.6	2.9	14:50:00	1557.1	9.7
09:30:00	1588.7	3.6	296.7	2.5	15:00:00	1419.6	9.4

09:40:00	1675.9	3.0	302.8	3.0	15:10:00	1275.6	10.2	44.0	13.2
09:50:00	1763.4	3.6	307.7	3.6	15:20:00	1119.7	10.8	45.2	15.3
10:00:00	1834.2	5.6	312.0	3.9	15:30:00	965.5	10.8	45.2	17.4
10:10:00	1888.0	5.4	315.0	4.3	15:40:00	867.4	13.5	45.2	18.7
10:20:00	1921.9	6.0	318.1	4.7	15:50:00	753.7	14.0	45.8	19.6
10:30:00	1991.6	4.3	321.1	5.4	16:00:00	699.6	15.2	45.8	23.0
10:40:00	2051.1	3.6	323.6	7.0	16:10:00	640.1	15.6	44.6	23.5
10:50:00	2110.8	2.0	324.8	6.3	16:20:00	622.3	17.0	47.6	23.1
11:00:00	2177.3	0.0	325.4	7.2	16:30:00	604.4	18.9	51.3	25.1
11:10:00	2216.6	0.0	325.4	7.6	16:40:00	599.8	19.4	51.9	25.2
11:20:00	2243.7	1.4	325.4	8.3	16:50:00	585.6	15.2	54.9	25.4
11:30:00	2278.7	1.7	324.2	9.0	17:00:00	562.2	20.6	57.4	25.5
11:40:00	2279.7	2.3	322.3	9.4	17:10:00	542.9	22.4	62.3	25.7
11:50:00	2279.7	2.5	318.1	10.0	17:20:00	542.9	23.6	62.9	25.8
12:00:00	2302.2	2.7	313.8	10.8	17:30:00	541.3	22.4	117.8	25.9
12:10:00	2301.8	3.0	308.3	12.3	17:40:00	532.7	25.0	223.4	26.1
12:20:00	2300.8	2.5	302.2	15.0	17:50:00	532.1	22.4	202.7	26.3
12:30:00	2300.8	2.8	294.9	14.2	18:00:00	501.7	21.6	186.8	26.4
12:40:00	2300.2	3.8	288.2	16.5	18:10:00	534.1	21.0	171.6	26.6
12:50:00	2300.8	3.9	285.7	15.9	18:20:00	609.4	17.8	160.6	27.0
13:00:00	2281.3	3.6	288.8	15.4	18:30:00	669.5	17.1	149.6	27.3
13:10:00	2252.9	4.0	287.5	14.2					
13:20:00	2221.2	4.3	272.9	14.9					
13:30:00	2178.3	4.2	252.7	14.1					

Graficando los datos anteriores (ver gráfica 21), se puede notar como tener las ventanas abiertas, ayuda a que la concentración del CO₂ disminuya considerablemente, y la velocidad del aire aumente, eso hace que las condiciones dentro del aula se perciban diferentes con respecto al mismo espacio.



Gráfica 21. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 104 Rio Verde. Fuente: Elaboración propia
Los datos de concentración de dióxido de carbono y velocidad del aire de la escuela

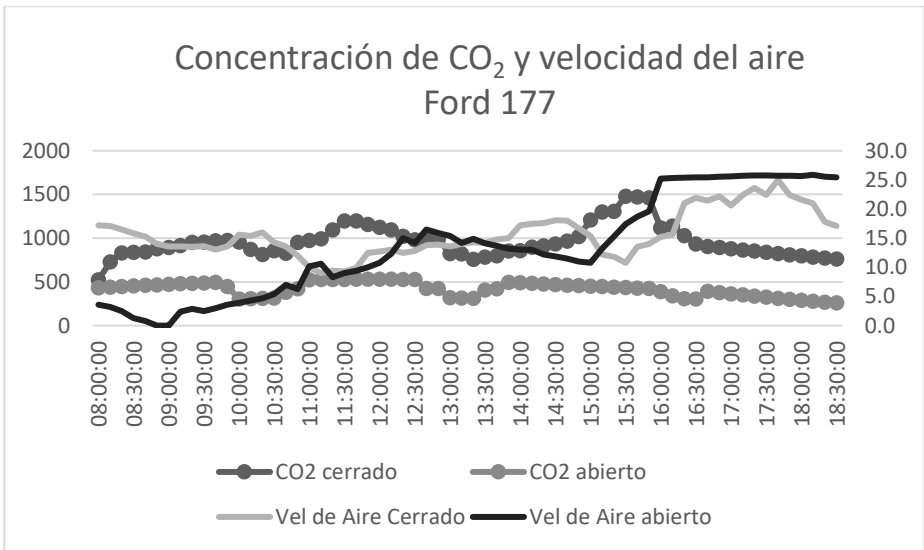
Ford 177 de San Luis Potosí se puede ver en la tabla 41. El horario de análisis fue de 8:00am-6:30pm. La misma aula en ambos días y las mismas condiciones físicas y cantidad de alumnos, con respecto a los turnos y los días.

Tabla 41. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 177 SLP. Fuente: Elaboración propia

Ventanas Cerradas			Ventanas abiertas		Ventanas Cerradas			Ventanas abiertas	
Hora	CO ₂	Vel. de Aire	CO ₂	Vel. de Aire	Hora	CO ₂	Vel. de Aire	CO ₂	Vel. de Aire
08:00:00	523.2	17.2	434.7	3.6	13:30:00	899.5	17.5	483.5	13.0
08:10:00	728.1	17.1	441.4	3.2	13:40:00	912.1	17.6	476.8	12.2
08:20:00	833.6	16.5	448.1	2.5	13:50:00	934.8	18.1	470.7	11.9
08:30:00	838.5	15.8	454.8	1.3	14:00:00	966.3	18.0	464	11.5
08:40:00	843.3	15.3	460.9	0.8	14:10:00	1017.7	16.7	457.9	11.0
08:50:00	878.2	14.0	467	0.0	14:20:00	1208.5	15.4	452.4	10.8
09:00:00	892.5	13.6	473.1	0.0	14:30:00	1299.4	12.2	446.3	13.2
09:10:00	917.4	13.6	479.2	2.4	14:40:00	1309.2	11.8	440.8	15.3
09:20:00	951.7	13.5	484.7	2.9	14:50:00	1481.1	10.8	435.9	17.4
09:30:00	955.9	13.6	489.6	2.5	15:00:00	1471.9	13.5	430.4	18.7
09:40:00	969.6	13.0	495.1	3.0	15:10:00	1461.5	14.0	424.3	19.6
09:50:00	973.3	13.6	449.4	3.6	15:20:00	1117.6	15.2	388.8	25.21
10:00:00	956.9	15.6	304.3	3.9	15:30:00	1140.2	15.6	343.3	25.331
10:10:00	870.6	15.4	308.5	4.3	15:40:00	1029.2	21.0	307.2	25.355
10:20:00	813.6	16.0	312.8	4.7	15:50:00	934.0	21.9	304.2	25.404
10:30:00	856.7	14.3	317.1	5.4	16:00:00	905.4	21.4	391.9	25.404

10:40:00	829.1	13.6	380.1	7.0	16:10:00	893.2	22.2	377.9	25.525
10:50:00	951.6	12.0	423.2	6.3	16:20:00	879.7	20.6	365.1	25.574
11:00:00	973.4	10.0	525.6	10.2	16:30:00	866.3	22.4	351.6	25.695
11:10:00	994.6	9.0	526.9	10.6	16:40:00	853.5	23.6	338.8	25.744
11:20:00	1095.8	9.4	528.7	8.3	16:50:00	840	22.4	326.6	25.744
11:30:00	1196.5	9.3	529.9	9.0	17:00:00	826	25.0	313.8	25.72
11:40:00	1196.5	9.9	530.5	9.4	17:10:00	811.4	22.4	302.2	25.695
11:50:00	1155.8	12.5	531.1	10.0	17:20:00	797.9	21.6	290.6	25.671
12:00:00	1125.8	12.7	531.1	10.8	17:30:00	784.5	21.0	279	25.866
12:10:00	1094.6	13.0	530.5	12.3	17:40:00	772.3	17.8	269.2	25.55
12:20:00	1023.4	12.5	529.9	15.0	17:50:00	760.7	17.1	259.5	25.428
12:30:00	981.6	12.8	528.7	14.2	18:00:00	797.8	14.8	421.4	13.7
12:40:00	999.7	13.8	426.9	16.5	18:10:00	852.3	15.0	496.3	13.2
12:50:00	987.3	13.9	424.4	15.9	18:20:00	856.2	17.2	490.2	13.0
13:00:00	824.9	13.6	321.4	15.4	18:30:00	899.5	17.5	483.5	13.0
13:10:00	821.2	14.0	317.1	14.2					
13:20:00	757.5	14.3	312.8	14.9					
13:30:00	783.3	14.2	407.9	14.1					

En esta toma de datos se puede ver cómo, los momentos donde no hay alumnos, ya sea el horario de receso o el momento de salida hace que disminuyan los niveles de concentración de dióxido de carbono.



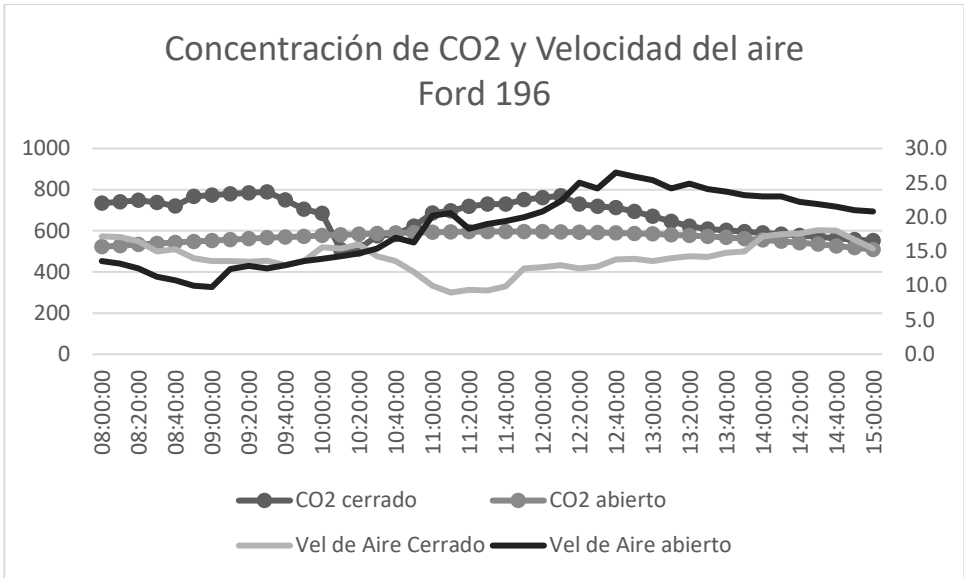
Gráfica 22. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 177 San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia

En Villa de Zaragoza con la escuela primaria Ford 196 los datos se pueden observar en la tabla 35. El horario de análisis fue de 8:00am-3:00pm. En un solo turno y un horario extendido donde se permitía seguir con toma de datos.

Tabla 42. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 196 Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

Ventanas Cerradas		Ventanas abiertas		Ventanas Cerradas		Ventanas abiertas	
Hora	CO ₂	Vel. de Aire	CO ₂	Vel. de Aire	Hora	CO ₂	Vel. de Aire
08:00:00	734.7	17.2	523.2	13.6	11:40:00	730.5	9.9
08:10:00	741.4	17.1	528.1	13.2	11:50:00	751.1	12.5
08:20:00	748.1	16.5	533.6	12.5	12:00:00	761.1	12.7
08:30:00	737.8	15.0	538.5	11.3	12:10:00	770.5	13.0
08:40:00	720.9	15.3	543.3	10.8	12:20:00	729.9	12.5
08:50:00	767	14.0	548.2	10.0	12:30:00	718.7	12.8
09:00:00	773.1	13.6	552.5	9.8	12:40:00	712.9	13.8
09:10:00	779.2	13.6	557.4	12.4	12:50:00	694.4	13.9
09:20:00	784.7	13.5	561.7	12.9	13:00:00	671.4	13.6
09:30:00	789.6	13.6	565.9	12.5	13:10:00	646.1	14.0
09:40:00	749.4	13.0	569.6	13.0	13:20:00	622.8	14.3
09:50:00	704.3	13.6	573.3	13.6	13:30:00	607.9	14.2
10:00:00	684.5	15.6	576.9	13.9	13:40:00	602.4	14.8
10:10:00	508.5	15.4	580.6	14.3	13:50:00	596.3	15.0
10:20:00	512.8	16.0	583.6	14.7	14:00:00	590.2	17.2
10:30:00	575.1	14.3	586.7	15.4	14:10:00	583.5	17.5
10:40:00	582.1	13.6	589.1	17.0	14:20:00	576.8	17.6
10:50:00	623.2	12.0	591.6	16.3	14:30:00	570.7	18.1
11:00:00	685.6	10.0	593.4	20.2	14:40:00	564	18.0
11:10:00	696.9	9.0	594.6	20.6	14:50:00	557.9	16.7
11:20:00	718.7	9.4	595.8	18.3	15:00:00	552.4	15.4
11:30:00	729.9	9.3	596.5	19.0			

La gráfica de los datos anteriores muestra como cuando disminuye la velocidad del aire aumenta la concentración de dióxido de carbono (ver gráfica 23).



Gráfica 23. Concentración de CO₂ y Velocidad del Aire, Ford 196 Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

La toma de datos en todas las escuelas, aunque manejan cantidades diferentes mantienen un sistema similar, donde la concentración de CO₂ es mayor con las puertas cerradas y mucho menor cuando se tienen las ventanas abiertas. Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, las actividades que se realizan en espacios cerrados deben mantenerse en un valor máximo de 700ppm y es en la escuela Ford 196 en Villa de Zaragoza donde los valores se mantienen más cerca de este rango.

Cuando las escuelas están ubicadas cerca de carreteras principales e industrias, como lo es el caso de la Escuela Ford 177 de San Luis Potosí, los estudiantes y profesores pueden estar expuestos regularmente a partículas contaminantes. La proximidad a estas partículas puede perjudicar el rendimiento académico y la salud de los usuarios.

En España se maneja un programa Clean Air Schools, (IQAir.com, 2023) donde el gobierno con el apoyo de monitores de calidad del aire dentro de las escuelas, activan la ventilación y la filtración en respuesta directa al aumento de los niveles de contaminación. Por ejemplo, si un monitor registra niveles de CO₂ de 900 a 1000 ppm, los administradores del edificio ventilan el espacio hasta que los niveles de CO₂ vuelvan a bajar.

Radiación Solar (Asoleamiento)

Debido a su ubicación y la forma de las Escuelas Ford, se realiza un análisis con el programa DesingBuilder para conocer el grado de insolación de las Escuelas. El asoleamiento en Río Verde Ford 104 (Ver imagen 67) se entiende de manera diferente, al tener arboles cercanos, rodeando toda la escuela y las aulas, así como la protección del techo para la plaza cívica al centro de la escuela.

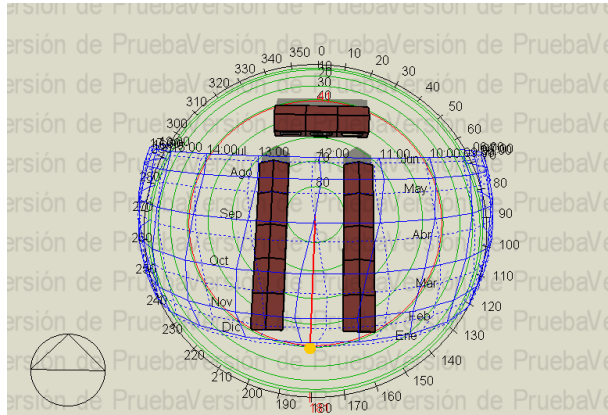


Imagen 67. Asoleamiento Ford 104 Río Verde 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

Al medio día la única relación directa con el sol, es por la azotea, puesto que el techo del patio cívico y los árboles no permiten que haya un contacto. Mientras que para las tardes y mañanas estos objetos llegan a obstaculizar y sirven como una barrera para la radiación directa de los rayos de sol (ver imagen 68).

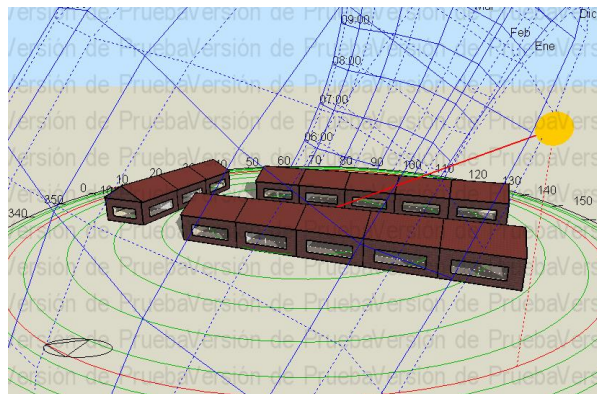


Imagen 68. Detalle Ford 104 Río Verde, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

En San Luis Potosí, la ubicación de la escuela presenta un gran problema con el asoleamiento directo, este durante las horas de la tarde. En las imágenes 69, 70 y 71, se puede observar que del lado poniente se localiza terreno baldío, por lo que no cuenta con ningún objeto de obstaculice los rayos y en las aulas llega a entrar los rayos de sol.

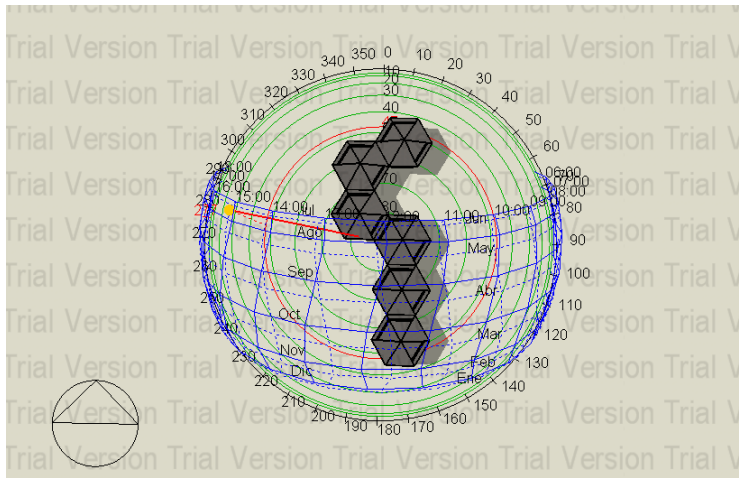


Imagen 69. Asoleamiento Ford 177 San Luis Potosí 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

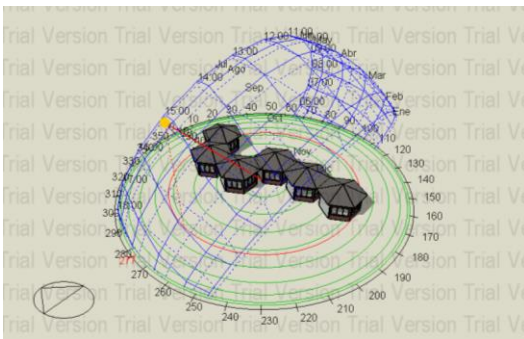


Imagen 70. Asoleamiento Ford 177 San Luis Potosí, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

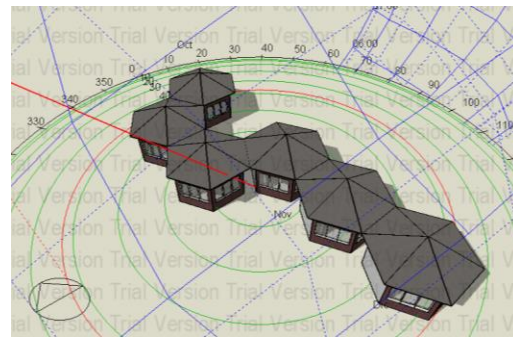


Imagen 71. Detalle de entrada de Sol, Ford 177 San Luis Potosí, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

En Villa de Zaragoza Ford 196 se presenta un problema parecido al observado en San Luis Potosí (ver imágenes 72 y 73), donde se puede ver la entrada del sol directo en ciertas horas del día. Esto también debido a la ubicación localizándose en la parte más alta del terreno, mientras que la zona arboleada, se localiza en la 2ª terraza, un poco lejos de las aulas.

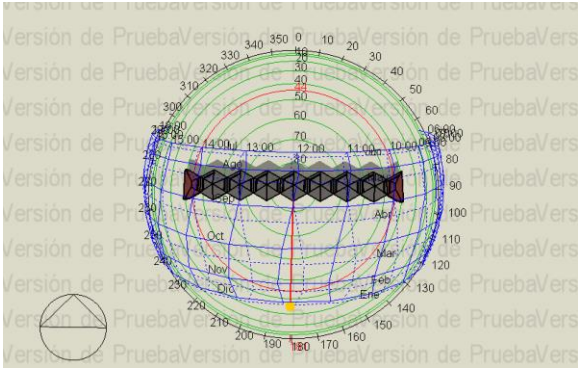


Imagen 72. Asoleamiento Ford 196 Villa de Zaragoza 12:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

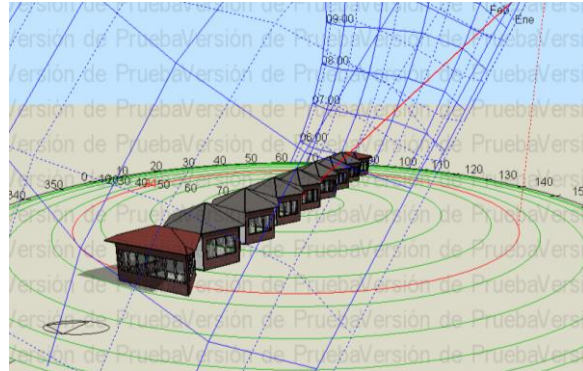


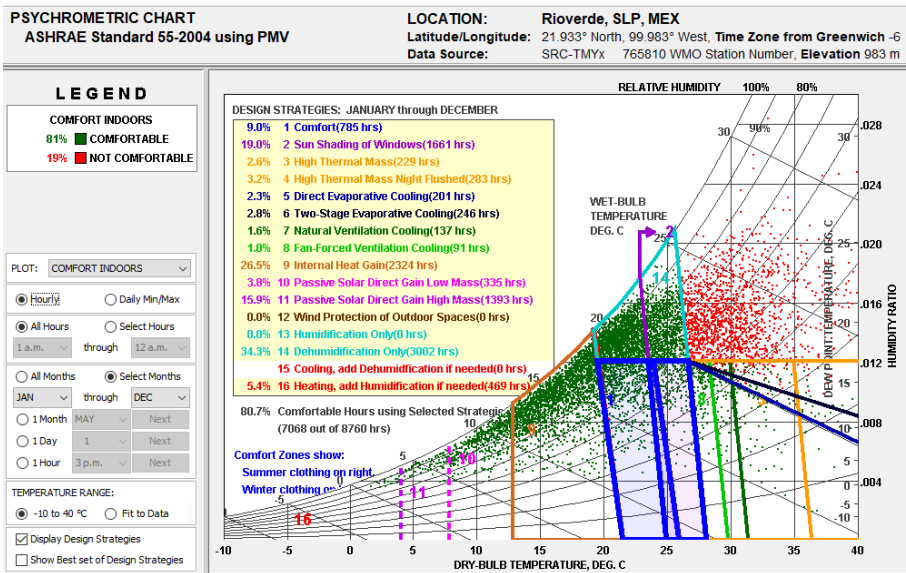
Imagen 73. Detalle de entrada de Sol, Ford 196 Villa de Zaragoza, 15:00 horas. Fuente: Imagen propia con DesingBuilder

Del análisis del asoleamiento, podemos hacer notar que las escuelas con forma espacial hexagonal tienen problemas con la entrada de sol directa, hay dos razones por las que esto es más notorio, por la forma física de las aulas y por la falta de objetos o árboles cercanos a las aulas que obstaculicen los rayos del sol.

Diagramas Bioclimático de Givoni

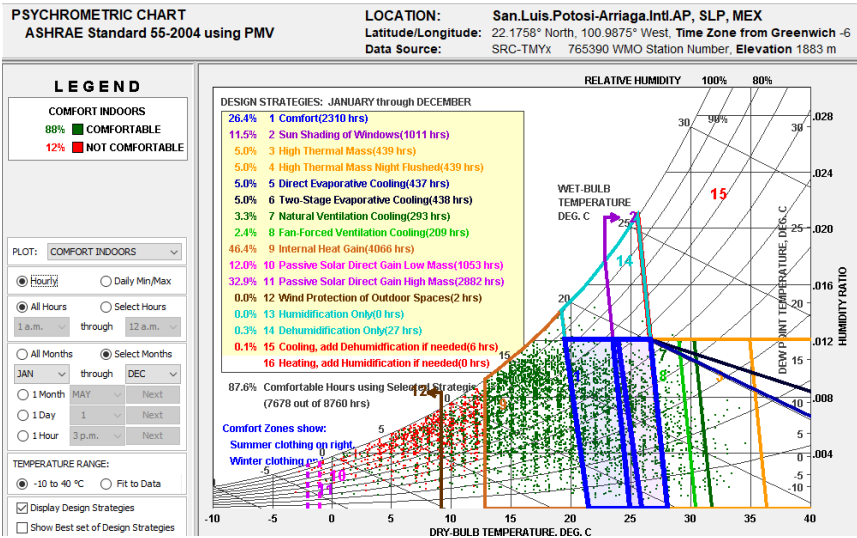
Los diagramas bioclimáticos son conceptualizaciones de los datos climáticos de un lugar y con el software de *Climate Consultant* podemos desarrollar la carta de cada una de las localidades de las escuelas primas Ford estudiadas. Se pueden obtener muchos datos con la consulta de los datos, lo primordial es tener acceso a datos *epw* de las diferentes estaciones meteorológicas que hay en el mundo, y en esta ocasión nos centraremos en la Carta Bioclimática especialmente en las características del confort.

Para la localidad de Rio Verde (ver gráfica 24), en resumen, anualmente la zona se encuentra dentro de los límites de confort el 81% del tiempo, pero que pasa con el 29% restante, que ocurre en horas del día activas cuando los usuarios tienen actividades escolares.



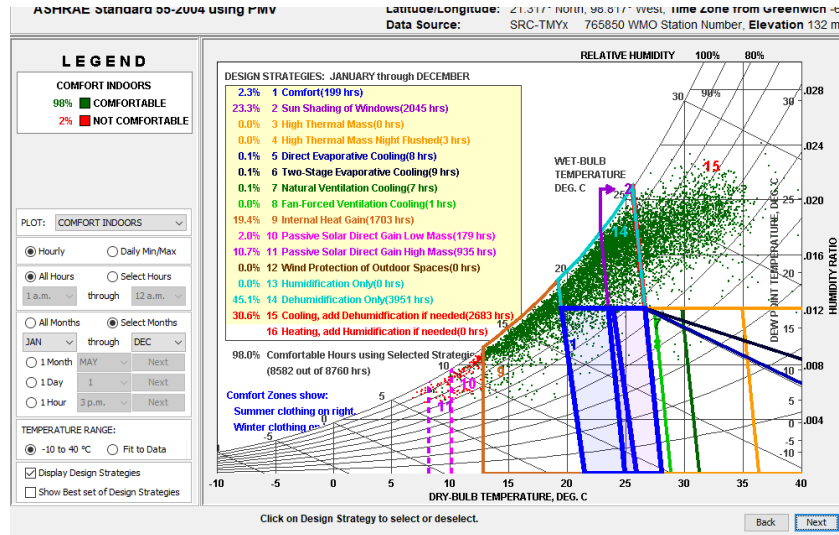
Gráfica 24. Carta Bioclimática de Ford 104 Rio Verde. Fuente Elaboración propia con Climate Consultan 6.

Para San Luis Potosí Ford 177 se puede observar cómo el 88% del tiempo la localidad se encuentra confortable (ver gráfica 25), sin embargo, las horas donde no lo está, son por la mañana y tarde, donde las condiciones climáticas hacen que la transición a la ausencia del sol se note bruscamente.



Gráfica 25. Carta Bioclimática de Ford 177 San Luis Potosí. Fuente Elaboración Propia con Climate Consultan 6

En cuanto a la localidad de Villa de Zaragoza que tiene características muy similares a San Luis Potosí, presenta un nivel de confort muy superior, al contar con el 98% del tiempo (ver gráfica 26) siendo la mejor opción para realizar las actividades escolares durante la jornada estudiantil.



Gráfica 26. Carta Bioclimática de Villa de Zaragoza. Fuente Elaboración Propia con Climate Consultant 6.

Cada una de las cartas bioclimáticas nos ofrecen características y recomendaciones diferentes, pero si se adentra en el aspecto del confort térmico, los valores no sobrepasan el 30% del tiempo, y unido a las características extremas de la temperatura o velocidad del viento, este tema se vuelve aún más grave de lo notado en un primer momento.

Interés térmico

Gracias a los cuestionarios y encuestas que se hicieron en un primer momento para la realización del proyecto, fue posible notar que el porcentaje de los usuarios de las aulas Ford, empezaban a notar como las condiciones del espacio donde realizan sus actividades educativas tenían repercusión en su rendimiento escolar.

El apoyo de la Fundación Ford da a las escuelas permite que equipamientos, mobiliarios y nuevas tecnologías brinden comodidad, y puedan mejorar la convivencia de alumnos y profesores.

Capítulo 5
Posibles
soluciones y
Simulación

Medios de verificación

Con los medios de verificación, se evalúa y se monitorea los indicadores, lo que permite hacer la supervisión y evaluación del proyecto. Definiendo cada indicador sobre los siguientes 5 aspectos: Fuente de información, método de recopilación, responsable de recolección, método de análisis y la frecuencia.

Tabla 43. Resumen Narrativo y Verificación. Fuente: Elaboración propia

	Resumen narrativo	Indicadores	Medios de Verificación
Fin	Determinar la sensación térmica al interior de espacios educativos.	Confort térmico ideal de cada espacio educativo.	Monitoreo climático del espacio físico.
	Utilizar técnicas bioclimáticas para mejorar el confort en espacios educativos.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas.	Utilizar los softwares sobre simulación.
Propósito	Mejorar el confort térmico al interior de los espacios educativos tipo Ford en S.L.P.	Aplicar sistemas y técnicas que mejoren el confort térmico.	Búsqueda de las técnicas que puedan mejorar el confort térmico.
Componentes	-1. Enfocar la atención de alumnos en el aprendizaje debido a la comodidad en el espacio educativo.	Disminuyendo las incomodidades del espacio educativo.	Modificando las condiciones y sensaciones del espacio de las aulas
	-2. Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar	Adecuando las actividades con el espacio físico y las condiciones climáticas.	
Actividades	1.1 Revisando los espacios educativos en cuanto a su forma física y actividades a realizar al interior, también horarios de dichas actividades.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.	Visitando el lugar y midiendo los aspectos físicos del aula y escuela
	1.2 Analizando el contexto físico, económico y social que rodean las escuelas Ford.	Entrevistas, revisión documental y revisión del espacio físico.	Realizando un cuestionario con las preguntas necesarias
	1.3 Dando propuestas de solución a los espacios ya construidos.	Levantamiento físico del espacio educativo.	Conociendo la ubicación y el lugar físico

	1.4 Adecuando los espacios educativos con la ventilación e iluminación natural.	Reordenando el espacio a las condiciones climáticas.	Modificando el espacio físico
	1.5 Ampliando y cuidando las áreas verdes de la escuela para mejorar la sensación de confortabilidad de los usuarios.	Revisión del área verde de cada escuela.	
	2.1 Realizando estudios físicos del lugar al adaptar el prototipo de escuela primaria Ford y dando los cambios necesarios para esa adaptación.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.	Conociendo la ubicación y el lugar físico
	2.2 Revisando alternativas de mejoramiento de confort térmico.	Revisión y comparación de técnicas bioclimáticas	Evaluando la efectividad de cada posible técnica
	2.3 Analizando materiales adecuados y considerando los costos para dichos materiales.		Evaluando mantenimiento y costos de las técnicas bioclimáticas.
	2.4 Simular el uso de las técnicas bioclimáticas para el mejoramiento del confort térmico.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas en softwares.	Utilizar los softwares sobre simulación.
	2.5 Realizar propuestas de mejoramiento.	Entrega del informe final.	Tomando en cuenta todos los puntos anteriores.

Problemas detectados

Los problemas comunes parten de situaciones normales con las que se debe lidiar a diario. Sin embargo, es necesario notarlas y detectar como son, como afectan antes de resolverlo, considerando que las relaciones de los usuarios, el espacio físico donde se localizan, las condiciones climáticas que lo rodean y rendimiento y actividades realizadas. La forma en que están redactados es simplificada y englobando todos los resultados.

Todo esto es obtenido de las visitas que se realizaron a las 3 Escuelas, de los datos analizados y de los propios usuarios.

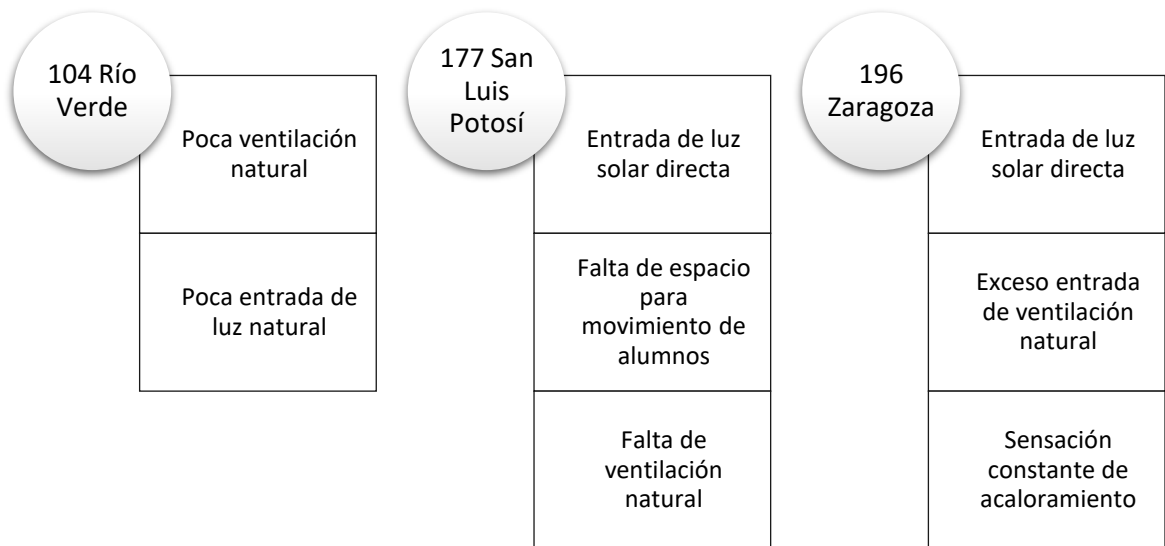


Imagen 74. Problemas detectados Escuelas Ford. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente cada uno de los problemas se deben separar por individual y pasar por el filtro de riesgos y supuestos para encontrar la solución de cada uno.

Riesgos y supuestos

Los supuestos son todas aquellas condiciones o factores que consideramos ciertos pero que no son controlables por el equipo de proyecto y que en el evento de que no se cumplan, afectan los resultados.

- Aumento de Temperatura
- Incremento de población estudiantil
- Rotación de personal docente
- Cambios de datos climáticos percibidos
- Cambio de administración
- Baja de recursos económicos

Diseño de las Propuestas

Estas recomendaciones pueden ser maximizadas por la implementación de técnicas sustentables, algunas ecotecnias y el uso responsable de los espacios y las buenas prácticas hacia el medioambiente.

En la Escuela Ford 104 de Río Verde, las necesidades son poca entrada de luz, pues los árboles que rodean la escuela contrarrestan un poco y lo mismo pasa con la ventilación natural de las aulas, los árboles cumplen la función como una barrera y causan que el calor sea percibido en mayor intensidad. Las recomendaciones sin afectaciones a la estructura física de las aulas y la zona arboleada que las rodea, son el pozo canadiense por tener una entrada de aire desde la zona más fresca y la chimenea solar que permite que el aire tenga movimiento.



Imagen 75. Necesidades y recomendaciones, Ford 104 Río Verde. Fuente: Elaboración propia

En la Escuela Ford 177 de San Luis Potosí las necesidades observadas cambian un poco, al enfocarse en la entrada de luz solar directa sobre los usuarios en ciertas horas del día y como estos tienen que moverse o poner una barrera como cortinas para que estos no se vean afectados, además está el que haya más alumnos lo que causa que la percepción del calor sea mucho mayor y por consiguiente la concentración de CO₂ también sea mayor. Todo aunado a la poca ventilación natural que el aula tiene. Las recomendaciones son aditivos a lo que ya realizan como una nueva impermeabilización en placas para disminuir

la entrada directa del sol y el crecer faldones en la losa, mejorando también las cortinas que ya cuentan y reacomodando los espacios para que no se vean tan afectados.



Imagen 76. Necesidades y recomendaciones, Ford 177 San Luis Potosí. Fuente: Elaboración propia

Para la escuela Ford 196 en Villa de Zaragoza las principales necesidades están con la entrada de luz solar directa sobre los usuarios, el calor que se presenta y una entrada de aire superior a las otras escuelas. Por lo que las recomendaciones están con adiciones a las aulas, como el crecimiento de faldones, agregar cortinas con doble función, la impermeabilización en placas en losa y tener marcos de puertas y ventanas cerrados herméticamente.



Imagen 77. Necesidades y recomendaciones, Ford 196 Villa de Zaragoza. Fuente: Elaboración propia

Algunas de las técnicas bioclimáticas que se están analizando mediante fichas técnicas son las siguientes y se puede ver un ejemplo en los anexos.

- **Pozo canadiense:** Entrada baja por medio de tubería subterránea que recoge y enfría en aire para depositarlo en el aula.
- **Chimenea solar:** Extractor de aire caliente en la azotea.
- **Crecimiento de faldones:** Barrera semi-prefabricada ante los rayos solares que entran por las ventanas.
- **Cristal polarizado:** Película de acetato que se adhiere a las ventanas para inhibir las entradas de sol.
- **Persianas blackout:** Persiana de doble función que permite oscurecer la entrada de luz solar.
- **Impermeabilización de placas:** Capas en la azotea que no absorben la radiación del sol.
- **Sellar puertas y ventanas:** Recomendación ante la entrada y salida de aire.

Simulación de las Propuestas

En el análisis final para la elección de las propuestas se debe pasar por la etapa de simulación, de manera independiente y en conjunto de cada propuesta y siguiendo unos criterios para la elección final.

1. Simplicidad en las técnicas bioclimáticas. Seleccionar la propuesta con la menor cantidad de incógnitas.
2. Funcionalidad de cada técnica bioclimática. Resolviendo el problema encontrado.
3. Estabilidad en la selección. ¿La propuesta responde a una necesidad única o una demanda especial?
4. Escalabilidad y mantenimiento. Apoyándose en el futuro y su proyección deberá cumplir estándares continuos y replicarse sin ser reinventado o ajustado.
5. Integración con el contexto físico, los valores y el costo económico. Los prototipos deben ajustarse a cada característica del espacio físico.
6. Rentabilidad. La inversión económica.

Por lo que se puede determinar cómo las aulas Ford se verían beneficiadas con la aplicación de ciertas recomendaciones y técnicas bioclimáticas que mejoran la sensación del confort térmico.

En el aula tradicional aplicable en Rio Verde, las técnicas y recomendaciones se verían aplicadas en la imagen 78, con el pozo canadiense, la chimenea solar, las persianas con doble función, la impermeabilización a capas y el sellado puertas y ventanas.

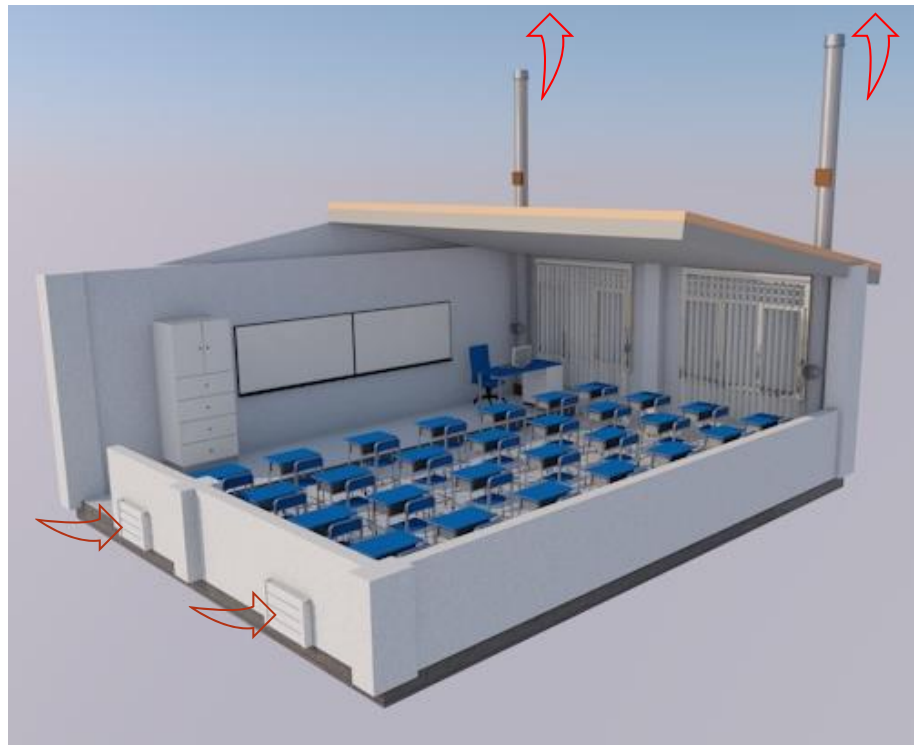


Imagen 78. Propuesta Aula Ford Tradicional. Fuente: Elaboración propia

Mientras que, para el aula de forma hexagonal, se presentan las técnicas bioclimáticas: Crecimiento de faldones, el cristal polarizado, las persianas blackout, la impermeabilización de capas, mejorar puertas y ventanas permitiendo la ventilación natural.



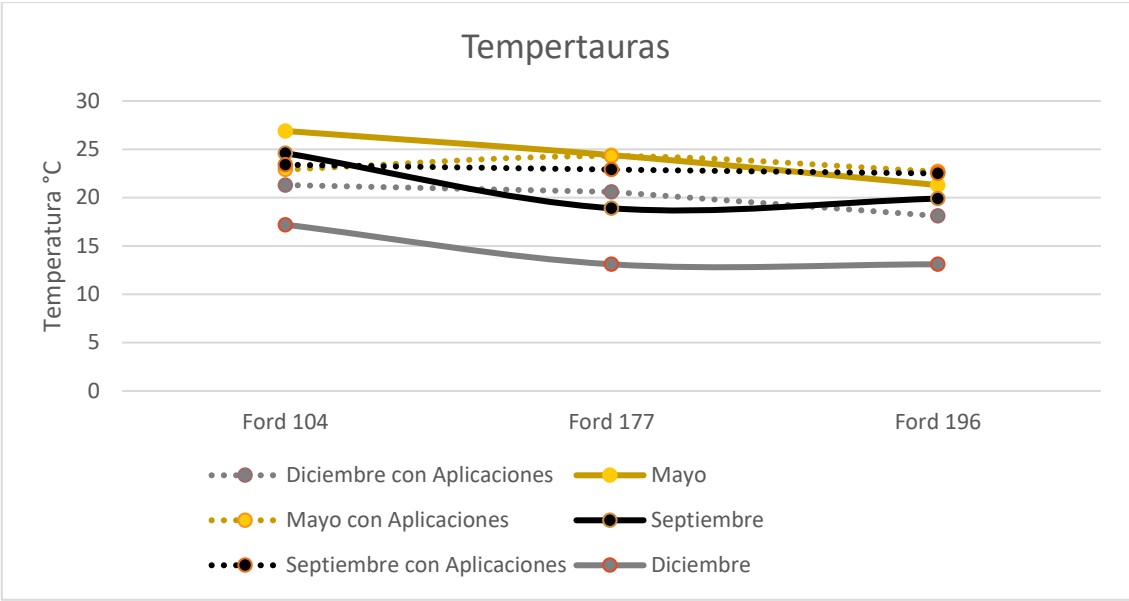
Imagen 79. Propuesta Aula Ford Hexagonal. Fuente: Elaboración propia

La principal preocupación recae en la falta de conexión con las condiciones naturales y la forma física de los espacios, en esta propuesta en específico la entrada de luz solar directa incomoda por la cantidad de calor que se percibe y al bloquearla, pero permitiendo todavía la entrada de luz se encuentra el punto medio entre todos los beneficios de la forma, las condiciones climáticas y el aprendizaje sin distractores por el espacio educativo.

Agregando las nuevas recomendaciones y gracias al programa *DesingBuilder* se puede hacer una comparativa con la temperatura promedio con el Programa *Climate Consultant 6* sin la aplicación de técnicas y lo que sería la temperatura promedio con las técnicas en el aula.

Tabla 44. Comparativa de Temperaturas con y sin Aplicación de Técnicas Bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia

	Mayo	Mayo con Aplicaciones	Septiembre	Septiembre con Aplicaciones	Diciembre	Diciembre con Aplicaciones
Ford 104	26.9	22.9	24.6	23.4	17.2	21.3
Ford 177	24.4	24.3	18.9	22.9	13.1	20.6
Ford 196	21.3	22.7	19.9	22.5	13.1	18.1



Gráfica 27. Comparativa de Temperaturas con y sin Aplicación de Técnicas Bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia

En Río Verde Ford 104 con las técnicas bioclimáticas de pozo canadiense, chimenea solar, aislamiento térmico en losas e impermeabilización, sellado de marcos de puertas y ventanas se logra disminuir 4.0° en temporada de calor y aumentar 4.1° en temporada de frío. Para la Escuela Ford 177 en San Luis Potosí, con el crecimiento de faldón en losa, persianas en ventanas con doble función, cristal polarizado, aislamiento térmico en losas e impermeabilización en capas, se logra mantener la temperatura en verano y aumentar hasta en 7.5° en temporada de frío. Y la escuela en Villa de Zaragoza Ford 196, con el Crecimiento de faldón, persianas en ventanas con doble función, aislamiento térmico en losas e impermeabilización en placas, se obtiene un aumento de 5° en temporada de frío y aumentar un poco la temperatura para mantenerla en zona de confort en temporada de calor con 1.4°C.

Observaciones

La combinación del uso de las técnicas bioclimáticas de una o varias, será sujeto a decisión de las autoridades educativas, el grupo de actores de Dirección (personal directivo

de cada una de las escuelas y los padres de familia), ya que estas se agrupan por características necesarias y localización dentro del espacio.

También a los grupos de actores de IEIFE y Compañía FORD, ya que son los encargados de la construcción y financiación de las escuelas.

Recomendaciones

Mantener un confort térmico adecuado, favorece el aprendizaje, la concentración, el bienestar y la actitud de los usuarios, además que cuidando el espacio físico donde se realizan las actividades escolares también tendrán una durabilidad con mejores condiciones sin tantos momentos de mantenimiento. Algunas de las recomendaciones que ayudan a mejorar el confort térmico sin afectaciones de gran impacto en las construcciones son:

- Mantener el espacio hermético y bien aislado
- Cambio de luminarias
- Sombrear áreas cercanas
- Abrir ventanas en temporada de calor y cerrar ventanas en temporada de frío
- Proyectar voladizos para dar sombra en las entradas de luz solar directa
- Cortinas operables con doble entrada de luz
- Mover el aire interior, permitiendo entrada y salida de aire constante
- Permitir la ventilación cruzada
- Proporcionar vidrio de alto rendimiento o doble panel
- Usar colores claros en muros y losas
- Utilizar aislamiento exterior con impermeabilización
- Realizar actividades al aire libre, en espacios sombreados
- Utilizar conductos que provean aire fresco del exterior
- Tener un área verde cercana
- Visualización directa con la naturaleza

Presupuestos de Inversión las Propuestas

Tabla 45. Resumen de Costos 2023. Fuente: Elaboración propia

Costos				
Técnica Bioclimática	Material	Cantidad	Precio	Costo Total
Pozo canadiense	Filtro de Aire	1	\$ 764.00	\$ 6,516.50
	Tubo lamina galvanizado 4"	1	\$ 1,160.00	
	Tubo galvanizado 2"	1	\$ 749.00	
	Roscas 4"	1	\$ 33.00	
	Reductores 4-2"	1	\$ 873.00	
	Codo 4"	1	\$ 102.50	
	Pozo de drenaje	1	\$ 2,300.00	
	Extractor 8"	1	\$ 535.00	
Chimenea solar	Filtro de Aire	1	\$ 60.00	\$ 8,156.00
	Salida de aire mecánico	1	\$ 1,300.00	
	Tubo acero inoxidable 4"	1	\$ 1,936.00	
	Soporte acero inoxidable	1	\$ 2,750.00	
	Válvula	1	\$ 960.00	
	Difusor 8"	1	\$ 1,150.00	
Crecimiento de faldones	Tablaroca	1	\$ 200.00	\$ 752.80
	Canaleta galvanizada	1	\$ 48.00	
	Perfil metálico 2"	1	\$ 56.00	
	Angulo	1	\$ 30.00	
	Tornillos 1", pijas, clavo	1	\$ 8.80	
	Cinta de refuerzo Yeso	1	\$ 125.00	
	Yeso	1	\$ 20.00	
	Pintura	1	\$ 265.00	
Cristal polarizado	Polarizado m2	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Persianas blackout	Tela Blackout enrollable Wolken m2	1	\$ 1,030.00	\$ 1,050.00
	Soporte	1	\$ 20.00	
	Tela traslucida m2	1	\$ 550.00	\$ 550.00
Impermeabilización de placas	Rollo 100m	1	\$ 1,102.00	\$ 8,359.00
	Microseal Pintura	1	\$ 1,573.00	
	Microprimer Cubertura	1	\$ 1,476.00	
	Arena	1	\$ 320.00	
	Reflejante blanco	1	\$ 3,888.00	
Sellar puertas y ventanas	Sellador	1	\$ 57.00	\$ 479.00
	Tope de puerta	1	\$ 45.00	
	Silicon	1	\$ 112.00	
	Guardapolvo	1	\$ 265.00	

Relevancia Social de las Propuestas

Se identificó que el uso de las escuelas Ford ha crecido y que los espacios fueron creados para cierto número alumnos, así como las actividades que ahí se deberían de realizar las actuales también han incrementado y cambiado.

Al tener menos distractores sobre el aprendizaje con respecto al espacio físico que rodea al alumno, el logro académico se verá reflejado y se podrá aplicar los nuevos métodos de educación, ya que el espacio físico lo permite.

El seguimiento y monitoreo del uso que cada escuela hace a sus alumnos y profesores es un agregado y un impacto clave para determinar el éxito o fracaso de los proyectos.

Para determinar la relevancia social hay que pensar que las propuestas, parten de soluciones a las necesidades encontrada, también el impacto (beneficio y desventaja) que tendrá en la comunidad, todo esto buscando la participación y cooperación de todos los actores involucrados, esto se alinea perfectamente con los valores buscado desde la creación de las escuelas Ford y agregando una viabilidad que pocos cuentan con la implementación de pensamientos sostenibles que ayuden al planeta.

Matriz del Marco Lógico

Tabla 46. Matriz del Marco Lógico. Fuente: Elaboración propia

	Resumen narrativo	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Fin	Determinar la sensación térmica al interior de espacios educativos.	Confort térmico ideal de cada espacio educativo.	Monitoreo climático del espacio físico.	Aumento de Temperatura
	Utilizar técnicas bioclimáticas para mejorar el confort en espacios educativos.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas.	Utilizar los softwares sobre simulación.	Cambios de datos climáticos percibidos
Propósito	Mejorar el confort térmico al interior de los espacios educativos tipo Ford en S.L.P.	Aplicar sistemas y técnicas que mejoren el confort térmico.	Búsqueda de las técnicas que puedan mejorar el confort térmico.	
Componentes	-1. Enfocar la atención de alumnos en el aprendizaje debido a la comodidad en el espacio educativo.	Disminuyendo las incomodidades del espacio educativo.	Modificando las condiciones y sensaciones del espacio de las aulas	Incremento de población estudiantil
	-2. Orientación y forma física adecuada en base a la forma y disposición en conjunto del lugar	Adecuando las actividades con el espacio físico y las condiciones climáticas.		
Actividades	1.1 Revisando los espacios educativos en cuanto a su forma física y actividades a realizar al interior, también horarios de dichas actividades.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.	Visitando el lugar y midiendo los aspectos físicos del aula y escuela	Rotación de personal docente
	1.2 Analizando el contexto físico, económico y social que rodean las escuelas Ford.	Entrevistas, revisión documental y revisión del espacio físico.	Realizando un cuestionario con las preguntas necesarias	
	1.3 Dando propuestas de solución a los espacios ya construidos.	Levantamiento físico del espacio educativo.	Conociendo la ubicación y el lugar físico	Cambios de datos climáticos percibidos

	1.4 Adecuando los espacios educativos con la ventilación e iluminación natural.	Reordenando el espacio a las condiciones climáticas.		Incremento de población estudiantil
	1.5 Ampliando y cuidando las áreas verdes de la escuela para mejorar la sensación de confortabilidad de los usuarios.	Revisión del área verde de cada escuela.	Modificando el espacio físico	Rotación de personal docente
	2.1 Realizando estudios físicos del lugar al adaptar el prototipo de escuela primaria Ford y dando los cambios necesarios para esa adaptación.	Monitoreo y Levantamiento físico de datos.	Conociendo la ubicación y el lugar físico	
	2.2 Revisando alternativas de mejoramiento de confort térmico.	Revisión y comparación de técnicas bioclimáticas	Evaluando la efectividad de cada posible técnica	
	2.3 Analizando materiales adecuados y considerando los costos para dichos materiales.		Evaluando mantenimiento y costos de las técnicas bioclimáticas.	Baja de recursos económicos
	2.4 Simular el uso de las técnicas bioclimáticas para el mejoramiento del confort térmico.	Simular la implementación de técnicas bioclimáticas en softwares.	Utilizar los softwares sobre simulación.	
	2.5 Realizar propuestas de mejoramiento.	Entrega del informe final.	Tomando en cuenta todos los puntos anteriores.	Cambio de administración.

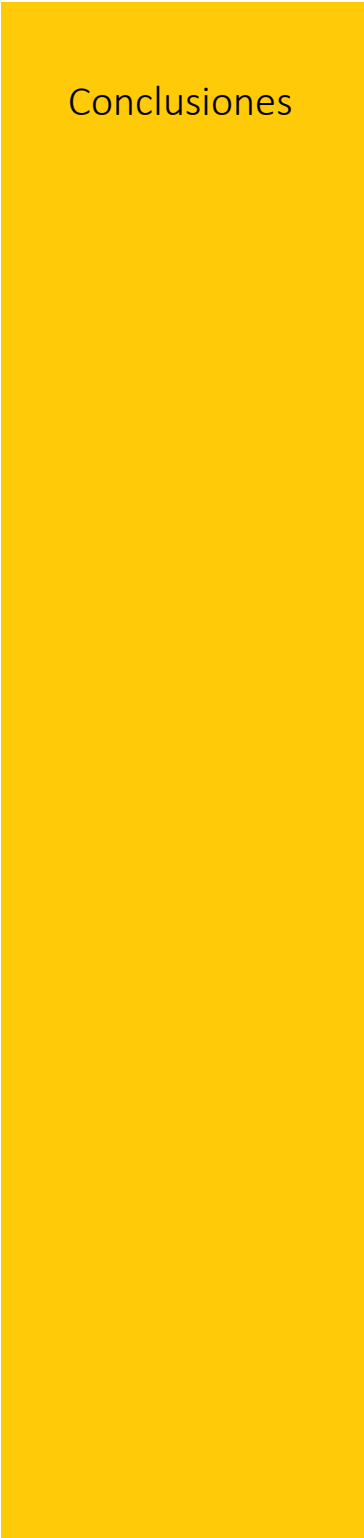
Plan de Implementación y Equipo de Trabajo

Para la implementación del proyecto de intervención se requiere de un periodo de 8 meses e incluye siete paquetes de trabajo como se describen a continuación:

- Paquete 1: relacionado con la constitución formal de las sociedades, IEIFE y FORD
- Paquete 2: donde se llevará a cabo el desarrollo de investigación y levantamiento físico y revisión de las condiciones climáticas específicas del lugar.
- Paquete 3: del planteamiento y desarrollo del diseño específico de las técnicas bioclimáticas a implementar.
- Paquete 4: sobre los trámites, que incluyen permisos para la edificación, la inclusión del sistema como método de construcción alternativo aprobado por el IEIFE, y finalmente la licencia de funcionamiento de SEGE.
- Paquete 5: incluye las compras de bienes y servicios para la construcción.
- Paquete 6: desarrollo de la implementación de la técnica bioclimática junto al funcionamiento y resultado esperado.
- Paquete 7: donde se realizará las pruebas finales y puesta en marcha para la operación de la planta.



Conclusiones



Conclusiones

La evidencia de este proyecto indica que existe una relación directa entre infraestructura escolar y rendimiento educativo, y que las inversiones en infraestructura educativa contribuyen a mejorar la calidad de la educación. Los espacios bien diseñados, con buena iluminación natural, ventilación apropiada y mobiliario adecuado mejoran la concentración de los estudiantes y con ello el rendimiento académico se verá beneficiado, por ejemplo, tener una buena entrada de luz natural mejora en un 20% comparada con los usuarios que se encuentran en contacto con la luz directa o con poca luz.

La información que brindan los detectores de CO₂ permite tomar decisiones adecuadas para incrementar la ventilación (abrir puertas o ventanas, encender ventiladores y/o reducir el aforo de los ambientes), contribuyendo a la disminución de los malestares asociados a la mala calidad del aire.

El proyecto de intervención con la incorporación de técnicas bioclimáticas contribuirá de manera significativa, luego de que de evaluación el funcionamiento del proyecto de manera virtual, se confirma que el planteamiento de estrategias mejora el confort térmico interior de las aulas escolares Ford. La intervención que se genera en las escuelas apoyadas por la empresa Ford vincula completamente el interés con el programa de Sustentabilidad, manifestando una gestión del hábitat y desarrollo socialmente sustentable, que desde hace años implementan en sus fábricas.

Sigue faltando la orientación directa de la construcción en una ubicación específica, pues el diseño del espacio físico no es solo un aspecto logístico, si no es un factor que influye en la calidad educativa y en el bienestar de los alumnos, por ello cuando se analiza la sistematización y repetición que tienen estas escuelas, la solución que se genera para un lugar específico se puede convertir en una metodología que podría ser aplicada en otros espacios educativos, de esta manera se estaría multiplicando la población beneficiada.

La llegada de nuevas tecnologías como lo son equipamiento, softwares y aplicaciones han tenido un fruto impresionante, puesto con ellos se ha podido realizar un análisis más detallado de las 3 escuelas y llegar al punto de Simulación es más fácil tomar las decisiones para reducir costos y errores con toda la información, evaluando la sostenibilidad de cómo se encuentra un aula y como se quisiera tener. Estas pruebas de escenarios facilitan la comunicación con los actores involucrados y las regulaciones que la SEP, IEIFE y Ford mantienen en sus normativas.

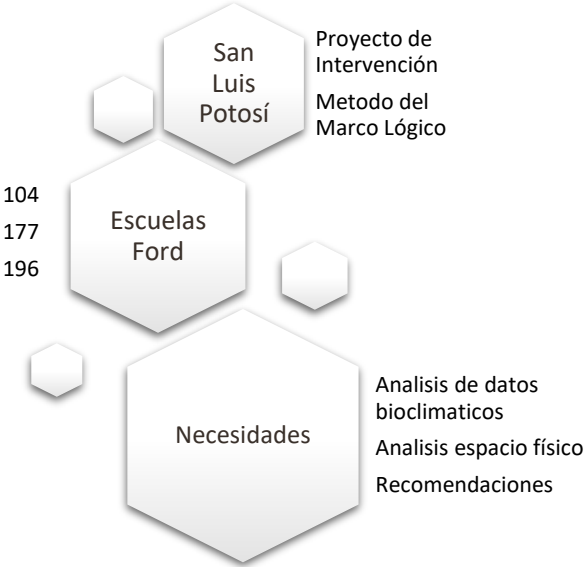


Imagen 80. Conclusiones de Proyecto. Fuente: Elaboración propia



Referencia
Bibliográfica

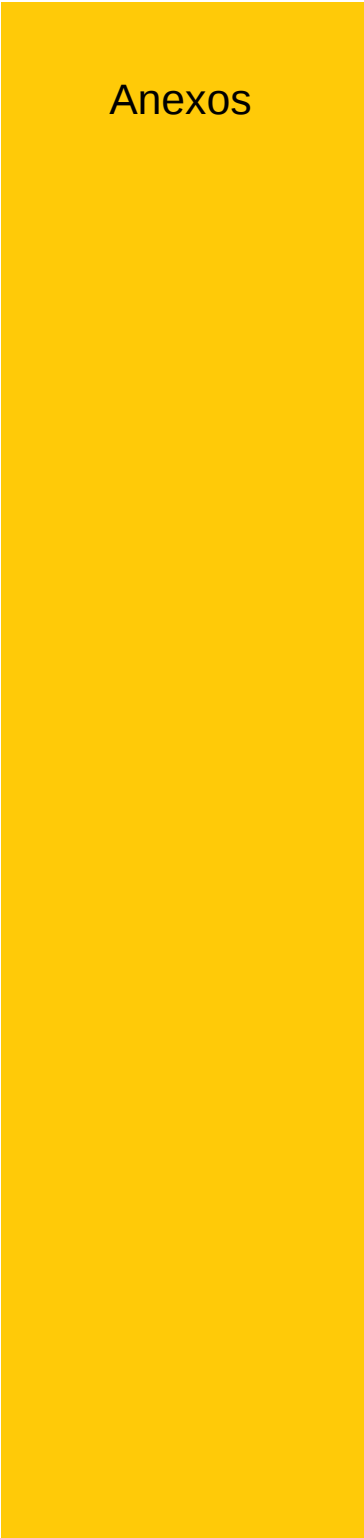
Referencia Bibliográfica

- *Aislamiento-actis.com* Recuperado el 14 de julio de 2021 de <https://www.aislamiento-actis.com/por-que-elegir-los-aislantes-reflexivos.html>
- Aguillón-Robles, J. (1996). "Propuestas Bioclimáticas para la Vivienda para el estado de San Luis Potosí". Tesis de Maestría, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Colima.
- Aguillón-Robles J. (2007). "Atlas Bioclimático para el Estado de San Luis Potosí", ESDEPED, Facultad del Hábitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Arenas, E. (2017). ¿Qué es el Marco Lógico?
- Arias, E. R. (2021). Marco lógico. Economipedia.com
- Armendáriz-Pérez de Ciriza, P. (s.f.) "Calor y Trabajo. Prevención de Riesgos Laborales debido al estrés térmico por Calor". Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España.
- Arquitectura Bioclimática: Confort Ambiental. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Materia Arquitectura Sustentable (2022).
- Ayala, M. (2021). Investigación-acción. Lifeder. Recuperado el 15 de diciembre de 2023 de <https://www.lifeder.com/investigacion-accion/>.
- Blender, M. (2015). "El confort térmico". Recuperado el 14 de julio de 2021 de <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Betancourt, D. F. (23 de febrero de 2017). Marco lógico: Definición, elaboración y ejemplo detallado. Recuperado el 01 de junio de 2023, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/metodologia-marco-logico.
- Borjas-Mata, G.O. (2019). "Azoteas Verdes: Técnica bioclimática para mejorar el confort térmico interior sobre viviendas techadas con concreto en la ciudad de San Luis Potosí". Tesis de Licenciatura, Facultad del Hábitat. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Chávez-Delgado, S. (2018). "Respuesta Térmica Ambiental y Superficial entre una Azotea Verde y Otra de tipo Convencional". Tesis de Maestría en Ciencias del Hábitat. Facultad del Hábitat. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Delgado, D. (2000). "Confort Térmico – Método De Fanger Para Su Evaluación" Recuperado el 10 de julio de 2021 de <https://estrucplan.com.ar/confort-termico-metodo-de-fanger-para-su-evaluacion/>

- *Disconfort térmico: qué es y cómo prevenirlo*, Recuperada el 17 de octubre de 2021 de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/disconfort-termico/>
- *Ford se Ocupa*. Recuperado el 12 de julio de 2021 de <https://www.fordseocupa.mx/Escuelas/>
- Gonzalo G. (2004). Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. FAU. UNT
- González Vega, N. A. (2018). Manual de métodos y técnicas de la investigación.
- Guasch, Piera, Casanova y Pireiras (2002). Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Universidad Politécnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
- IEIFE. (2021). Instituto Estatal de Infraestructura Física Educativa. Recuperado de <https://slp.gob.mx/ieife/Paginas/Inicio.aspx>
- INEGI. (2020). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INIFAP. (2021). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Jiménez-Gómez, M.L., Gómez-Castillo, C.J. (2020). “Propuesta Constructiva para la mejora del Confort Térmico de una Vivienda. Caso de estudio Vereda Sabaneta, San Francisco. Cundinamarca”. Proyecto de Grado. Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura, Tecnología en Construcciones Arquitectónicas. Bogotá.
- Lara, F. (2017). “Simulación de proyectos, la herramienta del futuro”. Revisado el 17 de septiembre de 2022 y tomado de <https://www.mundohvacr.com.mx/2017/07/simulacion-proyectos-la-herramienta-del-futuro/>
- Montoya, O. (2018). Calidad Ambiental de las aulas de Colegios en el Trópico: Evaluación Subjetiva y Objetiva del Confort Térmico, Visual y Sonoro. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia.
- Monroy, M.M. (2001), Claves Del Diseño Bioclimático. ULPGC, Artículo publicado en revista BASA, No. 23, página 170, Sección NUEVAS ESTRATEGIAS. NUEVOS MATERIALES
- Numero de muestras, recuperado el 3 de noviembre de 2021 de https://www.corporacionaem.com/tools/calc_muestras.php
- Olgyay, V. (2006). “Arquitectura y Clima: Manual de diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”. Gustavo Gili.

- Ondarse-Álvarez, D. (2017). *Materiales de Construcción*. Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina). Última edición 30 junio, 2022.
- Ortiz-Moreno, J.A., Masera-Cerutti, O.R., Fuentes-Gutiérrez, A.F., (2014). *LA ECOTECNOLOGÍA EN MÉXICO*, Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.
- “Panorama Educativo”. (2018). Secretaría de Educación Pública. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa.
- Prakash, N. (2015). *Proyectar el futuro: Cómo rediseñar los edificios escolares para favorecer el aprendizaje*. Biblioteca Innovación Educativa. Ediciones SM, ISBN 6072415482, 9786072415485.
- Porporatto, M. (2023). *Importancia del viento*
- Rivera-Vázquez, J. E., Algara-Siller, M. (2011-2012). “Bio-espacios: Fundamentos para la realización de un manual de construcción bioclimática de la zona centro de San Luis Potosí.” *Memorias Desarrollo de Proyectos*. Facultad de Ingeniería. UASLP 2011-2012.
- Rodríguez, G. (2022). “Viveros Forestal”.
- *Salud y confort by Siber*. Recuperado el 10 de julio de 2021 de <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/mala-climatizacion-disconfort-termico/>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología De La Investigación* (6.ªed.). McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. DE C. V
- Sánchez C. B. L. (2016). *Propuesta para lograr Confort Térmico en las aulas de la Escuela Primaria Domingo Becerra Rubio en Tepic, Nayarit*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- Villa-Sánchez, C. (2022). *Consejo anual 2021-2022*. Escuela Primaria Eugenio Robles Oyarzun.
- UASLP Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- *Tu salud no está en nómina*. Recuperado el 9 de julio 2021 de <http://tusaludnoestaennomina.com/estres-termico/>

Reconversión de las aulas educativas Ford: Mejoramiento del confort térmico con técnicas bioclimáticas en San Luis Potosí © 2023 por Giovanna Odaí Borjas Mata tiene licencia CC BY-NC-ND 4.0. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Anexos

ANEXO 1

Entrevista directores

1. ¿En qué año se construyó la escuela?
2. ¿Cuándo dio inicio las clases?
3. ¿Se han modificado las aulas?
4. ¿Quién realizó estas modificaciones?
5. ¿Cómo es el contacto con la empresa Ford?
6. ¿Cómo es la modalidad de clases actualmente?
7. Descripción general de las actividades que se realizan en el aula
8. ¿En qué horario se realizan?
9. ¿Qué sensación le produce estar en la escuela?
10. ¿Qué se necesita cambiar o mejorar para que las aulas seas las adecuadas para las actividades que realizan?
11. ¿A quién notifica de estas peticiones?
12. ¿Se han sentido mal durante clases a causa de su percepción del clima? ¿Qué han sentido?
13. ¿Cómo es su percepción del clima y sensación térmica en un salón de clases?
14. ¿En esta escuela se presentaba situaciones de incomodidad por altas o bajas temperaturas?
15. Desde su percepción, ¿Piensa que altas o bajas temperaturas en el aula afecta en el desempeño de los estudiantes?
16. ¿Imparten cursos o actividades que tiene que ver con el tema de ecología? ¿Cuáles? ¿Quién los imparte? ¿A quiénes va dirigido? ¿Cuál es la participación?
17. Comentario personal acerca del tema.

ANEXO 2

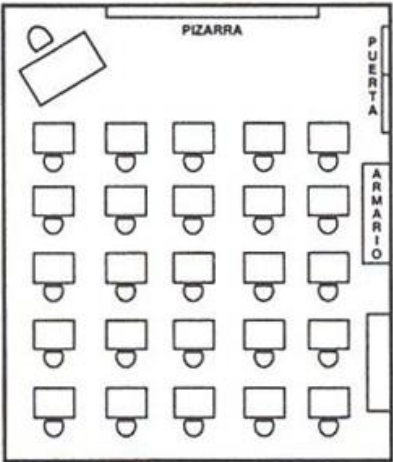
Cuestionario Alumnos

Instrucciones. Responde con mucho cuidado y en base a lo que piensas y sientes. No te preocupes por tus respuestas, no hay buenas ni malas, sólo interesa saber tu opinión. Para contestar las siguientes preguntas tacha la respuesta que sientas mejor. Si tienes alguna duda, levanta la mano y te responderemos.

Edad: _____

¿Eres niño o niña?

¿Dónde estás sentado?



1. Durante el ciclo escolar, ¿en cuál estación del año prefieres trabajar en tu salón de clases?



2. En el salón de clases, en Otoño-Invierno sientes:



a) Mucho Frío

b) Nada de frío

c) Poco frío

3. En el salón de clases, en Primavera-Verano sientes:



- a) Mucho calor b) Poco calor c) Nada de calor

4. Generalmente al llegar a la escuela, ¿traes puesto un suéter?



SÍ



NO

5. ¿A qué hora te lo quitas?

- a) Al llegar a clases b) Antes del recreo c) Después del recreo

6. Durante un día normal, ¿a qué hora disfrutas más trabajar en clase?

- a) Al llegar a clases b) Antes del recreo c) Después del recreo

7. ¿A qué hora NO te sientes cómodo en tu salón de clases?

- a) Al llegar a clases b) Antes del recreo c) Después del recreo

8. A esta hora ¿cómo te sientes?:



9. Con que animo te sientes:



10. Cuando te sientes así, ¿cómo crees, que es tu concentración durante clase?

a) Buena b) Mala

11. Dibuja ¿Qué ropa estas usando?

12. ¿Te has sentido mal en tu salón de clases a causa del frio o calor?



SÍ



NO

13. Durante clases, ¿percibes la entrada de aire a tu aula?

a) Mucho

b) Poco

c) Nada

14. Durante clases, ¿percibes la entrada de sol a tu aula?

a) Mucho

b) Poco

c) Nada

15. ¿Existe suficiente espacio para trabajar en tu mesa-banco?



SÍ



NO

16. En tu escuela, ¿te agrada que haya árboles en el patio?



SÍ



NO

17. Dibuja el salón de clases que te gustaría tener.

ANEXO 3

Cuestionario Profesores

Turno: _____ Alumnos: _____

Grado: _____ Grupo: _____

Instrucciones. Marque la respuesta que mejor indique su opinión y su percepción.

1. Durante el ciclo escolar, ¿en cuál estación prefiere impartir clases en el aula? _____

¿Por qué? _____

2. En el salón de clases, en otoño-invierno siente:

a) Mucho Frío b) Poco frío c) Nada de frío

3. En el salón de clases, en primavera-verano siente:

a) Mucho Frío b) Poco frío c) Nada de frío

4. En un día normal, ¿a qué hora disfruta MÁS impartir clases?

a) Al llegar a clases b) Antes del recreo c) Después del recreo

¿Por qué? _____

5. En el momento que indicó en la pregunta anterior, ¿cómo percibe a los alumnos?

a) Tranquilos b) Participativos c) Inquietos d) Cansados e) Aburridos

6. Cuando esto sucede, ¿cómo cree que es la concentración de los alumnos durante clase?

a) Buena b) Muy Buena c) Mala d) Muy mala

7. En un día normal, ¿a qué hora disfruta MENOS impartir clases?

a) Al llegar a clases b) Antes del recreo c) Después del recreo

¿Por qué? _____

8. En el momento que indicó en la respuesta anterior, ¿cómo percibe a los alumnos?

a) Tranquilos b) Participativos c) Inquietos d) Cansados e) Aburridos

9. Cuando esto sucede, ¿cómo cree que es la concentración de los alumnos durante clase?

a) Buena b) Muy Buena c) Mala d) Muy mala

10. En este momento, siente:

a) Frío b) Calor c) Ni frío ni calor

11. Puede describir brevemente ¿qué vestimenta está usando? _____

12. ¿Se ha sentido mal durante clases a causa de su percepción del clima?

a) Si b) No

¿Qué malestar sufrió? _____

13. Durante clases, ¿percibe la entrada de aire a su aula?

a) Mucho b) Poco c) Nada

14. ¿Cree que es suficiente?

a) Si b) No

15. ¿El aula cuenta con ventilador?

a) Si b) No

¿Cuántos? _____ ¿Son suficientes? _____ ¿Funcionan correctamente? _____

16. Durante clases, ¿percibe la entrada de sol en su aula?

a) Mucho b) Poco c) Nada

17. ¿El aula cuenta con cortinas/persianas?

a) Si b) No

¿Cuántas? _____ ¿Son suficientes? _____

18. En algún momento del día debido al clima ¿es necesario ABRIR puertas y/o ventanas?

a) Si b) No

¿En qué momento? _____

19. En algún momento del día debido al clima ¿es necesario CERRAR puertas y/o ventanas?

a) Si b) No

¿En qué momento? _____

20. ¿Cómo es su percepción del clima y sensación térmica en su salón de clases?

21. ¿Ha impartido clases en otro plantel de educación en el estado?

a) Si b) No

22. ¿En ese plantel se presentaban situaciones de incomodidad por altas o bajas temperaturas?

a) Si b) No

¿Por ejemplo?

23. Desde su percepción, ¿Piensa que altas o bajas temperaturas en el aula afecta en el desempeño de los estudiantes?

a) Si b) No

¿Por qué?

24. ¿Piensa que las aulas requieren modificaciones, que permitan mejorar las condiciones de sensación térmica?

a) Si b) No

¿Por ejemplo?

25. Comentario personal acerca del tema.

ANEXO 4

Cuestionario Virtual

<https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEiajBLZtrQAAAAAAMAAJtp5xdUM1I0UUdLM0xGV1RDVTRGQlhDREINTUNOUi4u>

ANEXO 5

Fichas Técnicas de Indicadores

Tema	Confort Térmico																										
Objetivo	Determinar la temperatura promedio del aire exterior del espacio educativo.																										
La clave	CTA-E01																										
Nombre	Temperatura del aire exterior																										
Tipo	Cuantitativo																										
Definición	Valor numérico de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Aunque existen otras escalas para otros usos, la temperatura del aire se suele medir en grados centígrados (°C).																										
Instrumento	Cámara y termómetro Infrarrojo																										
La importancia	Indica uno de los datos necesarios para desarrollar la medida del confort térmico del aula. Este indicador se construye con mediciones a lo largo de todo el año.																										
Comentarios	Medida necesaria en las 7 escuelas tipo Ford																										
Metodología para la construcción del indicador	El medidor de estrés térmico mide el valor interior y exterior, la temperatura del globo negro, humedad, temperatura del aire, temperatura del bulbo negro húmedo y la temperatura de punto de rocío; en tiempo real, de forma automática en intervalos de 1 a 3,600 segundos o de forma manual¹. Rango de medición: 0...+50°C Resolución: 0.1°C Precisión: ±0.8°C Fórmula: $T_p = \Sigma t / N_t$ T_p= Temperatura promedio Σt= Sumatoria de datos de temperatura tomados N_t=Número de datos de temperatura																										
Fuente de información	Propia, obtenida por los instrumentos de medición.																										
Cálculo	<table><tr><td>No. Escuela</td><td>Municipio</td><td>Temperatura</td></tr><tr><td>51</td><td>Soledad</td><td></td></tr><tr><td>67</td><td>San Luis Potosí</td><td></td></tr><tr><td>93</td><td>Río Verde</td><td></td></tr><tr><td>104</td><td>Río Verde</td><td></td></tr><tr><td>176</td><td>Soledad</td><td></td></tr><tr><td>177</td><td>San Luis Potosí</td><td></td></tr><tr><td>196</td><td>Zaragoza</td><td></td></tr></table>			No. Escuela	Municipio	Temperatura	51	Soledad		67	San Luis Potosí		93	Río Verde		104	Río Verde		176	Soledad		177	San Luis Potosí		196	Zaragoza	
No. Escuela	Municipio	Temperatura																									
51	Soledad																										
67	San Luis Potosí																										
93	Río Verde																										
104	Río Verde																										
176	Soledad																										
177	San Luis Potosí																										
196	Zaragoza																										

¹ Pce-intruments

ANEXO 6 Tabla de apoyo para toma de Datos y Características de Escuelas Primarias Ford

ESCUELA FORD	
UBICACIÓN	
AULA	
USUARIOS	
FECHA	
DATOS GENERALES	
FORMA DEL AULA	
COLINDANCIA	
VENTANAS	
PUERTAS	
MUROS CERRADOS	
MUROS ABIERTOS	
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	
PASILLOS	
MOBILIARIO	
ACTIVIDADES	
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	
LUMINARIA	
OTRO	
PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE EN INTERIOR DEL AULA	
SENSACIÓN TÉRMICA	
TEMPERATURA	
HUMEDAD RELATIVA	
RADIACIÓN	
VENTILACIÓN	
PERCEPCIÓN VISUAL	
PREFERENCIA PERSONAL	
OTRO	

ANEXO 7 Tabla de apoyo para toma de Datos Climáticos de Escuelas Primarias Ford
HEXAGONAL

ESCUELA FORD

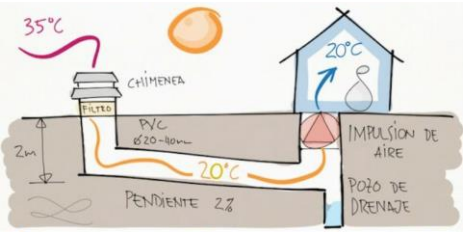
HORA		SURORIENTE	SUR	SURPONIENTE	NORORIENTE	NORTE	NORPONIENTE
MUROS	INTERIOR						
	EXTERIOR						
FALDONES	INTERIOR						
	EXTERIOR						
AZOTEA							
PISOS							
EXTERIORES							
TEMPERATURA INTERIOR A LA SOMBRA							
TEMPERATURA EXTERIOR A LA SOMBRA							
HUMEDAD RELATIA INTERIOR							
HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR							
VELOCIDAD DEL VIENTO							
OBSERVACIONES							

TRADICIONAL

ESCUELA FORD

HORA		SUR	PONIENTE	ORIENTE	NORTE
MUROS	INTERIOR				
	EXTERIOR				
FALDONES	INTERIOR				
	EXTERIOR				
AZOTEA					
PISOS EXTERIORES					
TEMPERATURA INTERIOR A LA SOMBRA					
TEMPERATURA EXTERIOR A LA SOMBRA					
HUMEDAD RELATIA INTERIOR					
HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR					
VELOCIDAD DEL VIENTO					
OBSERVACIONES					

Anexo 8 Ficha de Técnicas bioclimáticas

FICHA TÉCNICA DE TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS		CÓDIGO
		TB-01
DEFINICIÓN		META
NOMBRE		Mejorar la entrada del aire
Pozo Canadiense También conocido como <i>pozo provenzal</i> , <i>pozo romano</i> o <i>túnel de aire</i> .		
OBJETIVO		TIPO
A través de un sistema de tubos enterrados, los <i>Pozos Canadienses</i> llevan el aire exterior hasta la vivienda, para adquirir la temperatura del subsuelo. Permiten hacer uso del subsuelo de cualquier lugar, no requieren excavaciones a grandes profundidades.		Pasiva
FUNCIONAMIENTO		UBICACIÓN
Se basa en el hecho que la temperatura del suelo presenta una diferencia con la del ambiente. Esta diferencia se acentúa y se mantiene estable entre los 18° y los 24°C aproximadamente a los dos metros de profundidad. Se estima que en torno a los 10 o 15 metros de profundidad la temperatura es prácticamente constante a lo largo de todo el año.		Río Verde
VENTAJAS	DESVENTAJAS	EJECUTOR
-Representan un sistema ecológico que aprovecha un recurso natural, reduciendo el uso de energías y combustibles para la climatización artificial. -Requieren una baja inversión económica para su instalación. -Aseguran un bajo costo de mantenimiento para la limpieza periódica de la tubería, el cambio de filtros, la limpieza del depósito de condensado y para el sistema de ventilación. -Generan un hábitat saludable asegurando un buen nivel de renovación del aire y conservando un grado de humedad saludable.	-El espacio necesario al aire libre para su implementación.	
COMPONENTES		INVERSIÓN INICIAL
-Una red de tuberías conectadas al interior del espacio a enfriar, colocadas en el subsuelo exterior a una profundidad entre 1.5m a 5m y que recorren una determinada cantidad de metros bajo la tierra. Esta red de tuberías trabaja bajo el principio de la inercia térmica para ajustar la temperatura del aire que durante el verano es mayor que la temperatura bajo tierra. Por lo tanto, cuando el aire pasa a través de las tuberías cede calor a la tierra y se enfría, llegando al interior varios grados menos y creando un ambiente confortable. Dependiendo de las características específicas del lugar y del suelo, los valores más usados oscilan entre 10m a 100m de longitud y el diámetro de la tubería oscila de 20cm a 40cm.		

-Un <i>Punto de captación del aire</i> del exterior. La chimenea se sitúa eligiendo un área donde el aire se mantenga en movimiento y debe contar con una rejilla que imposibilite el acceso al sistema de insectos o animales que puedan contaminar el aire. -Los <i>Filtros</i>, necesarios para purificar el aire y evitar la entrada de polvo y suciedad al interior de los conductos. -El <i>Punto de drenaje</i>. El agua condensada en las tuberías, debido a la inclinación se dirige al punto de drenaje donde se elimina del sistema. -Un <i>sistema para la circulación del aire</i>. El sistema necesita de un elemento que impulse el aire y lo haga circular por las tuberías. Dependiendo del diseño de la obra, se puede optar por elementos activos (mecánicos) o pasivos (chimenea solar).		
		FUENTE Ortiz-Moreno, J.A., Masera-Cerutti, O.R., Fuentes-Gutiérrez, A.F., (2014). LA ECOTECNOLOGÍA EN MÉXICO