

# IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA URBANA DE SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO.

UNIVERSIDAD  
INDOAMÉRICA  
*Vivo la Excelencia*

Facultad de  
Arquitectura  
Artes y  
Diseño



Trabajo de Integración Curricular, Carrera de Arquitectura, Período Académico A22  
Nicole Anahí Lara Corea







*Vive la Excelencia*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOÁMERICA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA ARTES Y DISEÑO**  
**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**TEMA:**

IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA URBANA DE SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecta

**Autor (a):**

Lara Corea Nicole Anahí

**Tutor (a):**

Mg. Arq. Llacas Vicuña Luis Deliberto

AMBATO –ECUADOR

2022

## CRÉDITOS

Trabajo de Integración Curricular  
Carrera de Arquitectura  
Periodo académico A22

Autor:

LARA COREA NICOLE ANAHÍ  
Correo: nicoleanahilara@gmail.com

Fecha de Publicación: Agosto 2022

Equipo de Soporte:

LLACAS VICUÑA LUIS DELIBERTO  
Docente Tutor,  
Correo: luisllacas@latinoamericano

MAIGUA LÓPEZ DIANA PAOLA  
Docente Unidad de Integración Curricular,  
Correo: pmaigua@indoamerica.edu.ec

NAVAS ALARCÓN EDUARDO  
Docente apoyo diagramación  
Correo: eduardonavasa@indoamerica.edu.ec

Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño,  
Universidad Tecnológica Indoamérica



## AUTORIZACIÓN

### **AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, LARA COREA NICOLE ANAHÍ, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA DE SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO.”, como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 3 días del mes de Octubre de 2022, firmo conforme:



---

LARA COREA NICOLE ANAHÍ  
C.I. 1850032424

## AUTORIZACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO” presentado por LARA COREA NICOLE ANAHÍ para optar por el Título de Arquitecto.

### CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte de los lectores que se designe.

Ambato, 5 Agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:

**LUIS  
DELIBERTO  
LLACAS VICUÑA**

---

MG. ARQ. LLACAS VICUÑA LUIS DELIBERTO  
C.I. 175996084-0

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 3 de Octubre del 2022.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Nicole Lara S.", written over a horizontal line.

LARA COREA NICOLE ANAHÍ  
C.I. 1850032424



## APROBACIÓN LECTORES

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: "IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO.", previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Ambato, 3 de Octubre del 2022.



Firmado electrónicamente por:  
**LINDA ELIZABETH  
MIRANDA PAREDES**

---

MG. ARQ.MIRANDA PAREDES LINDA  
ELIZABETH  
C.I. 1801591817

PAOLA  
CRISTINA  
VELASCO  
ESPIN

Digitally signed by PAOLA CRISTINA  
VELASCO ESPIN.  
DN: cn=PAOLA CRISTINA VELASCO  
ESPIN, o=INSTITUTO VASCO S.A. S  
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INGENIERIA  
Reason: I agree to the accuracy and  
integrity of the document.  
Location:  
Date: 2022.10.03 16:43:05.00

---

MG. ARQ. VELASCO ESPÍN PAOLA CRISTINA  
C.I. 1803271723

## DEDICATORIA

Con mucho cariño, dedico este trabajo de investigación a mi familia que siempre me apoyó y estuvo de principio a fin, a mi hermana que es mi motivo para salir adelante y sobre todo a mi madre, mis logros son gracias a ella.

## AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a todos los docentes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Indoamérica, que supieron dar sus conocimiento y cariño hacia la carrera, a todos mis amigos por todo el apoyo a lo largo de la carrera.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN .....	i
AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN LECTORES.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Gráficos.....	xiii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
Contextualización.....	3
Formulación del problema.....	6
Árbol de Problemas.....	6
Preguntas de investigación.....	7
Justificación.....	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
Fundamento Conceptual.....	9
Clima Urbano.....	9
Isla de Calor.....	9
Isoterma.....	9
NDVI.....	10
Temperatura Ambiente.....	10
Temperatura Superficial.....	11
Albedo.....	11
Reflectancia Solar.....	11
Conductividad Térmica.....	12
Calor Específico.....	12
Densidad.....	12
Espesor.....	12
Resistencia Térmica.....	13
Emisividad.....	13
Energía Fotovoltaica.....	14
Paneles Solares.....	14
Células Fotovoltaicas.....	14
Fundamento Teórico.....	15
NTE INEN-ISO 7730.....	15
Factores que influyen la formación e intensidad de la isla de calor urbana .....	15

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Efectos de la isla de calor.....	15
Estrategias de mitigación para enfriar nuestras ciudades.....	16
Cómo se genera la energía fotovoltaica.....	16
Potencial Eléctrico Fotovoltaico en Ecuador.....	17
Estado del Arte.....	18
Tabla resumen estado del arte.....	27
Metodología de la Investigación.....	28
Línea y sub línea de la investigación.....	28
Diseño Metodológico.....	28
Enfoque de la investigación.....	28
Nivel de investigación.....	28
Tipo de investigación.....	28
Población y muestra.....	28
Técnicas de recolección de datos.....	28
Técnicas Para el procesamiento de la información.....	29
Proceso Metodológico.....	29
Conclusiones capitulares.....	30
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
Ubicación.....	32
Estructura Climática.....	32
Tipo de Clima.....	32
Temperatura.....	32



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Solsticios.....	35
Energía solar.....	35
Estructura Geográfica.....	36
Contexto Urbano.....	36
Procedimiento Metodológico.....	43
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>56</b>
Análisis e interpretación de resultados.....	56
Discusión.....	71
Conclusiones.....	73
Referencias.....	75
Anexos.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>Figura 1.</b> Isla de Calor Urbana.....	4
<b>Figura 2.</b> Isla de Calor Urbana Madrid 2015.....	5
<b>Figura 3.</b> Parroquia Urbana San Francisco.....	6
<b>Figura 4.</b> Árbol de Problemas.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
<b>Figura 5.</b> Clima Urbano-Escena Urbana.....	9
<b>Figura 6.</b> Isla de Calor.....	9
<b>Figura 7.</b> Mapa Global de Isotherma.....	10
<b>Figura 8.</b> NDVI.....	10
<b>Figura 9.</b> Mapa de Temperatura Superficial.....	11
<b>Figura 10.</b> Absortancia.....	11
<b>Figura 11.</b> Energía Fotovoltaica.....	14
<b>Figura 12.</b> Panel Fotovoltaico.....	14
<b>Figura 13.</b> Células Fotovoltaicas.....	14
<b>Figura 14.</b> Ola de calor en Francia 2019.....	16
<b>Figura 15.</b> Potencial Eléctrico Fotovoltaico Ecuador.....	17
<b>Figura 16.</b> Isla de Calor Urbano en ciudades argentinas.....	18
<b>Figura 17.</b> Isla de Calor urbano en Iquitos/ Perú.....	19
<b>Figura 18.</b> Isla de Calor urbano en Cuenca.....	20
<b>CAPÍTULO III</b> .....	32
<b>Figura 19.</b> Ubicación Parroquia San Francisco.....	32
<b>Figura 20.</b> Temperatura Cantón Ambato.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 21.</b> Vientos Cantón Ambato.....	34
<b>Figura 22.</b> Solsticios Cantón Ambato.....	35
<b>Figura 23.</b> Parroquia San Francisco.....	36
<b>Figura 24.</b> Manzanas Parroquia San Francisco.....	37
<b>Figura 25.</b> Parroquia San Francisco año 2005.....	38
<b>Figura 26.</b> Parroquia San Francisco año 2016.....	39
<b>Figura 27.</b> Parroquia San Francisco en la actualidad.....	40
<b>Figura 28.</b> Uso del Suelo en la Parroquia San Francisco.....	41
<b>Figura 29.</b> Tipología de Construcción en la Parroquia San Francisco.....	42
<b>Figura 30.</b> Temperatura Superficial en la Parroquia San Francisco .....	45
<b>Figura 31.</b> Zonas con valores de temperatura superficial mayores a 27°C Parroquia Urbana San Francisco.....	46
<b>Figura 32.</b> Cubiertas con valores de temperatura superficial mayores a 27°C Parroquia Urbana San Francisco .....	47
<b>Figura 33.</b> Zona 1.....	49
<b>Figura 34.</b> Zona 2.....	50
<b>Figura 35.</b> Zona 3.....	51
<b>Figura 36.</b> Ficha de Observación de las características en cubierta.....	53
<b>Figura 37.</b> Ficha de Observación de las características y propiedades higrotérmicas de los materiales en cubierta .....	54
<b>Figura 38.</b> Gráfico de simulación termo energética realizado en Formit.....	68
<b>Figura 39.</b> Cálculo del potencial fotovoltaico calculado en las cubiertas con alta temperatura superficial en la parroquia San Francisco.....	70



## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

<b>Tabla 1.</b> Reflectancia Solar de materiales comunes en la construcción.....	12
<b>Tabla 2.</b> Conductividad Térmica de materiales comunes en la construcción.....	12
<b>Tabla 3.</b> Calor Específico de materiales comunes en la construcción.....	13
<b>Tabla 4.</b> Valores de emisividad de materiales.....	13
<b>Tabla 5.</b> Isla de Calor Urbano en Iquitos/ Perú.....	19
<b>Tabla 6.</b> Valores de temperatura superficial e índice de reflectancia solar de materiales ensayados.....	22
<b>Tabla 7.</b> Valores de reflectancia solar de piezas ensayadas.....	23
<b>Tabla 8.</b> Valores de reflectancia solar de muestras de techos.....	24
<b>Tabla 9.</b> Valores de temperatura superficial y reflectancia solar de muestras de techos durante el primer y tercer año de vida útil.....	25
<b>Tabla 10.</b> Tabla Resumen- Estado del Arte.....	27

### CAPÍTULO III.....32

<b>Tabla 11.</b> Requisitos de envolvente para la zona climática 4.....	43
<b>Tabla 12.</b> Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/ cubiertas.....	43
<b>Tabla 13.</b> Propiedades térmicas de los materiales a partir de la revisión literaria.....	44
<b>Tabla 14.</b> Códigos de cubiertas de la Parroquia San Francisco.....	48
<b>Tabla 15.</b> Tabla resumen de los datos obtenidos en las fichas de observación en las cubiertas de la Parroquia San Francisco.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	56
<b>Gráfico 1.</b> Año de construcción de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	56
<b>Gráfico 2.</b> Uso de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	57
<b>Gráfico 3.</b> Altura de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	57
<b>Gráfico 4.</b> Tipo de cubierta de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	58
<b>Gráfico 5.</b> Tipo de material utilizado en cubierta de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	58
<b>Gráfico 6.</b> Color de las cubiertas de las edificaciones que presentan una temperatura mayor a 27 °C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	59
<b>Gráfico 7.</b> Temperatura ambiente de las edificaciones en la Parroquia San Francisco.....	59
<b>Gráfico 8.</b> Temperatura superficial de la cubierta de las edificaciones en la Parroquia San Francisco.....	59
<b>Gráfico 9.</b> Comparación entre la temperatura ambiente y la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	60
<b>Gráfico 10.</b> Comparación entre el tipo de material y color con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 11.</b> Comparación entre el tipo de material y color con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	62
<b>Gráfico 12.</b> Comparación del año de construcción de la edificación y el tipo de material con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	63
<b>Gráfico 13.</b> Comparación el estado del material con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	64
<b>Gráfico 14.</b> Comparación del área de cubierta con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	65
<b>Gráfico 15.</b> Conductividad térmica de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	66
<b>Gráfico 16.</b> Calor específico de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	66
<b>Gráfico 17.</b> Resistencia térmica de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	67
<b>Gráfico 18.</b> Valores de emisividad de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	67
<b>Gráfico 19.</b> Valor de radiancia anual en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.....	69

## RESUMEN

### IMPACTO DE LA MATERIALIDAD DE LAS CUBIERTAS DE EDIFICACIONES EN LA ISLA DE CALOR URBANA EN LA PARROQUIA URBANA DE SAN FRANCISCO, CANTÓN AMBATO.

El fenómeno térmico de islas de calor urbana se incrementa por diferentes variables, dependiendo de una ciudad u otra entre ellas están los materiales implementados en la construcción, por lo que su utilización en las cubiertas de las edificaciones afecta directamente en la temperatura superficial del entorno urbano, en el caso de la parroquia urbana San Francisco, ubicada en la ciudad de Ambato-Ecuador, con el fin de determinar el comportamiento de los materiales en cubierta y el impacto que generan en la isla de calor urbana se analiza 3 zonas donde la temperatura superficial alcanza valores mayores a 27°C tomando en cuenta que, según la NTE INEN-ISO 7730, las temperaturas de suelo aceptables son de entre 19 °C a 28 °C, se estima que estos lugares con elevadas temperaturas generarían un disconfort tanta para la población que reside en el lugar como para la población transeúnte. Concluyendo así que existe un incremento de entre 6 a 7 °C de diferencia con la temperatura ambiente, además se compara y analiza los materiales utilizados en cubiertas, dando como resultado que estos no cumplen con los requisitos para envoltentes determinados por la NEC-HS-EE y que factores como su color, envejecimiento, área y propiedades higrotérmicas aumentan la temperatura superficial de la zona; el material analizado que más tiende a incrementar su radiación es el zinc con altos valores de emisividad, y calor específico y bajos valores de resistencia térmica, por lo que su utilización en cubierta contribuye a la formación de islas de calor urbana en la parroquia San Francisco.

**Palabras clave:** cubierta, isla de calor, radiación, temperatura superficial.

## ABSTRACT

### IMPACT OF THE MATERIALITY OF THE ROOFS OF BUILDINGS IN THE URBAN HEAT ISLAND IN THE URBAN PARISH OF SAN FRANCISCO, CANTON AMBATO.

The thermal phenomenon of urban heat islands is increased by different variables depending on one city or another, among them are the materials used in construction, so their use in the roofs of buildings directly affects the surface temperature of the urban environment, in In the case of the urban parish of San Francisco located in the city of Ambato-Ecuador, three areas are analyzed where the surface temperature reaches values greater than 27°C, taking into account that according to NTE INEN-ISO 7730, acceptable soil temperatures are between 19 °C to 28 °C it is estimated that these places would generate discomfort both for the population that resides in the place and for the transient population, concluding that there is an increase of between 6 to 7 °C difference with the ambient temperature, In addition, the materials used in roof sare compared and analyzed, resulting in the fact that they do not meet the requirements for enclosures determined by the NEC-HS. -EE and those factors such as its color, aging, area and hygro-thermal properties increase the surface temperature of the area, the analyzed material that most tends to increase its radiation is zinc with high emissivity values, and specific heat and low resistance values Therefore, its use on the roof contributes to the formation of urban heat islands in the San Francisco parish.

**Keywords:** roof, heat island, radiation, surface temperature.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación está relacionada con el tema del impacto de la materialidad de las cubiertas en la isla de calor urbana de la parroquia San Francisco ubicada en el cantón Ambato, que se puede definir como un fenómeno térmico que se produce en las zonas urbanas y que incide sobre la temperatura superficial de las mismas, haciendo que experimenten cambios en su temperatura habitual y se creen microclimas en las áreas urbanas.

Uno de los principales factores que influyen en la intensidad de la isla de calor urbana es la materialidad que se escoge para implementar en las cubiertas de las edificaciones. Para analizar esta problemática se mencionan sus causas. Una de ellas es la falta de normativa vigente en el cantón que regularice la calidad y el uso de materiales en la construcción de cubiertas, además de la utilización de materiales sin un análisis de su comportamiento térmico y su impacto a escala urbana.

El interés de analizar el impacto de estos materiales utilizados en cubierta a nivel urbano en las islas de calor se puede ver en torno a la influencia que tienen en el cambio climático, y en conocer cómo el aumento de las temperaturas en las ciudades afectan el confort de los ciudadanos y su estancia en las mismas. De la misma manera se busca aportar con mapeos de calor y simulaciones termo energéticas para conocer el comportamiento actual de los materiales

colocados en cubierta en la isla de calor de la parroquia San Francisco; además de proponer estrategias de adaptación y mitigación que se puedan implementar en las cubiertas de las edificaciones por medio del análisis del potencial fotovoltaico de la zona urbana de estudio.

La metodología utilizada tiene un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo, ya que se recogerá y analizará los datos cuantitativos sobre variables y propiedades higrotérmicas en relación al tipo de material como: el estado del material, color, altura de la edificación, temperatura ambiente, temperatura superficial, conductividad térmica, reflectancia solar, emisividad, entre otros.

Con el fin de analizar el impacto que tienen en la isla de calor urbana los materiales de las distintas cubiertas analizadas; siendo así una investigación que se llevará a cabo en campo y buscará interpretar los datos y parámetros a través de fichas de observación con respecto a factores que inciden en el aumento de la temperatura superficial de la parroquia San Francisco. Como población se toma las temperaturas de la superficie de toda el área de la parroquia y se selecciona 3 zonas donde las temperaturas son mayores a 26°C.

En el capítulo I se analizará y contextualizará el problema de las islas de calor urbanas, su incidencia en las ciudades y cómo la materialidad de las cubiertas están relacionadas a las altas temperaturas de las zonas, se planteará un esquema de problematización con causas y efectos en torno al problema y

objetivos a desarrollar a lo largo de la investigación.

Los objetivos se plantean con el fin de analizar la normativa del POT de Ambato 2020, definir la temperatura superficial por medio de mapeos y simulaciones termo energéticas, identificar los materiales y sus propiedades higrotérmicas y determinar estrategias de mitigación para el fenómeno de las islas de calor urbano.

El capítulo II por otra parte está enfocado al marco teórico y conceptual de la investigación planteando terminología acorde al tema para un mejor entendimiento del trabajo, como isla de calor, temperatura superficial, reflectancia solar, resistencia térmica, emisividad entre otros. Además se presentará el estado del arte buscando referentes e investigaciones previas que sirvan como antecedentes para la investigación, por último, en este capítulo se planteará la metodología a utilizar para el desarrollo del trabajo con un enfoque cuantitativo se analizará datos sobre variables y propiedades higrotérmicas de los materiales utilizados en cubierta.

Las consideraciones del contexto tanto físico como urbano se llevará a cabo en el capítulo III donde se cumplirá a la vez el alcance de los cuatro objetivos propuestos, generando mapeos con simulaciones termo energéticas y gráficos estadísticos que nos den un diagnóstico de la temperatura superficial en la parroquia San Francisco además seleccionando las 3 zonas con temperaturas más elevadas, analizando las características de sus cubiertas y diagnosticado los resultados.

Concluyendo que existe un incremento de entre 6 a 7 °C de diferencia con la temperatura ambiente y la temperatura superficial de la zona, siendo el zinc y el fibrocemento los materiales con los valores de emisividad más altos. Por último, se plantea estrategias de mitigación y adaptación para las cubiertas de la parroquia por medio de un análisis de potencial fotovoltaico para la implementación de paneles solares con el fin de aprovechar la energía solar.

## CAPÍTULO I

### Contextualización

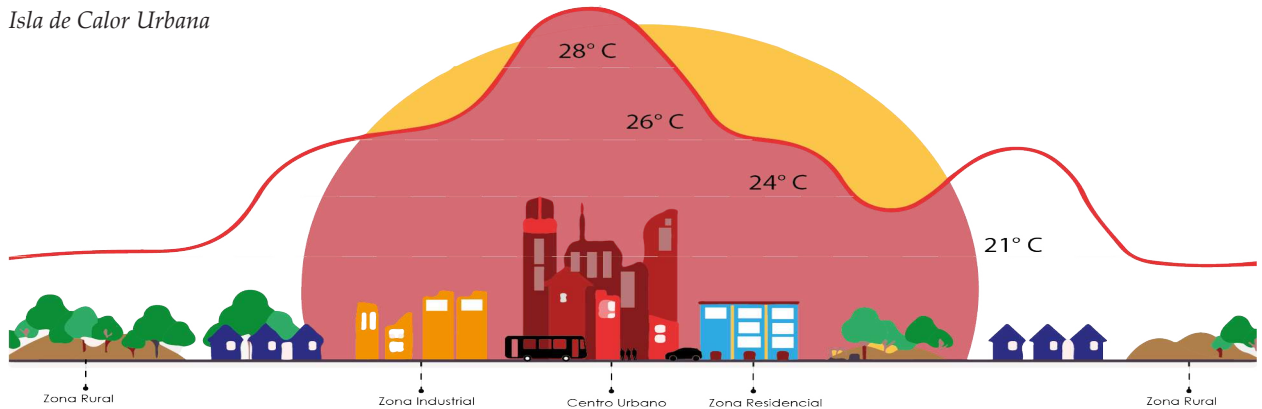
La urbanización y el crecimiento de las ciudades han generado distintos fenómenos tanto climáticos como sociales en su entorno, las islas de calor son un fenómeno de origen térmico (Idrobo & Hernández, 2009) que se produce en zonas urbanas donde debido a las actividades humanas y una mayor presencia de edificios, aceras y asfaltos se experimenta temperaturas más elevadas que en las zonas circundantes.

Idrobo & Hernández (2009) afirman que:

Debido a la urbanización, muchas estaciones meteorológicas están ubicadas dentro de islas de calor, obteniendo datos erróneos ya que no registran el clima regional, sino el forzado por las islas de calor (p.3).

#### Figura 1.

*Isla de Calor Urbana*



**Nota:** Isla de calor urbana. Elaboración propia.

El fenómeno de las islas de calor impacta directamente en el cambio climático, ya que se incrementa el consumo de energía de las ciudades y la demanda de energía por parte de la población crece, existen más emisiones contaminantes en el aire, afecta la salud humana y perjudica la calidad del agua (Honrubia, 2017).

Los expertos atribuyen el fenómeno de las islas de calor a diferentes variables dependiendo de una ciudad u otra, entre ellas están los materiales utilizados en la construcción de las edificaciones los cuales al no ser adecuados y tener colores opacos retienen más energía y promueven la radiación (Gálvez, 2013). Además la presencia de fachadas continuas y edificios en altura genera que disminuya el flujo de viento, calentando el aire e intensifican las altas temperaturas (Perrozzi, 2021a); otra de las variables a tomar en cuenta son la escasez de áreas verdes en las ciudades y la energía que se produce y consume en las actividades diarias, todas estas hacen que el efecto de microclimas en las zonas urbanas se intensifique.



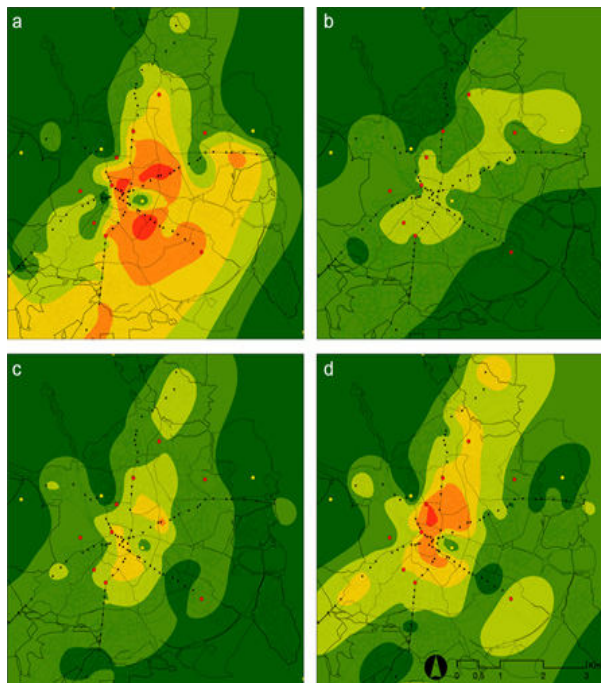
Además, que la utilización de materiales con una alta capacidad de retención y absorción del calor solar (Gálvez, 2013), hacen que la temperatura superficial de la zona urbana se incremente.

La mitigación de las islas de calor es compleja ya que es necesario una planificación urbana sostenible y políticas aplicables de largo plazo, las cuales deben tener estrategias como una mejor ventilación de la ciudad, zonas verdes y ocupar la densidad de las ciudades en altura, además de techos fríos o con alta reflectancia, tomando en cuenta el diseño arquitectónico de los espacios (Blender, 2015). En 2017 la ciudad de Los Ángeles implementó la iniciativa White Road Initiative, donde se pintó de colores claros las carreteras, estacionamientos y calles con el fin de que los pavimentos no absorban todo el calor de los rayos del sol (Perrozzi, 2021b), este tipo de iniciativas promueven la reducción y enfriamiento de las temperaturas urbanas.

La (Universidad Politécnica de Madrid, 2017) realizó una investigación en la ciudad de Madrid, en donde se tomó como referencia distintos puntos de la ciudad para analizar su temperatura y en muchos de los casos superaban los seis y hasta ocho grados centígrados de diferencia, todo esto como consecuencia de la isla de calor urbana, teniendo un aumento en las temperaturas en la noche sobre todo en los centros urbanos.

**Figura 2.**

*Isla de Calor Urbana Madrid 2015*



**Nota:** Mapa de la isla de calor de Madrid una noche de verano de 2015. Adaptada de Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

Por otra parte, en la ciudad de Quito un núcleo urbano en constante crecimiento y donde las actividades humanas tienen una gran influencia en el fenómeno de las islas de calor, según un estudio realizado en 2020 por el Centro de Información Urbana de Quito, donde se analizaron los cambios de temperatura entre el 2010 y 2015, se concluye que las parroquias urbanas del norte de Quito, incrementaron

su temperatura superficial respecto al 2010 en promedio en 4°C, mientras que para el caso de las parroquias del centro de Quito, se observa que la temperatura superficial máxima entre 2015 y 2019 disminuye hasta en 1.2 grados, dependiendo el avance de la mancha urbana y cambio de uso de suelo (Cubillo et al., 2020).

El impacto de las islas de calor urbana está directamente relacionado con la materialidad presente en la edificación donde las cubiertas pueden llegar a ser superficies con alta conductividad térmica y generar microclimas con altas temperaturas en las zonas urbanas, estos elementos expuestos a la radiación solar deben reducir los flujos térmicos presentes en el entorno, por lo que el objetivo siempre debe ser lograr el confort térmico interior con una temperatura que oscile entre los 21°C y 25° C, y generar el menor impacto exterior (Chávez Del Valle, 2002). Por lo cual el diseño de la cubierta y las características que debe presentar son variables a tomar en cuenta para evitar un fenómeno como es de las islas de calor en la ciudad.

En la provincia de Tungurahua en el cantón de Ambato se ubica su núcleo central y una de las zonas urbanas con más influencia en la ciudad la parroquia San Francisco perteneciente a la plataforma urbana P1 que será el sitio urbano de análisis para la presente investigación, tiene una normativa vigente de una altura máxima de 8 pisos y un COS% Total del 600% siendo el coeficiente de ocupación del suelo más alto de todo el cantón y en cuya normativa no existe ningún parámetro que determine la materialidad de la edificación y sus cubiertas.

**Figura 3.**

*Parroquia Urbana San Francisco*



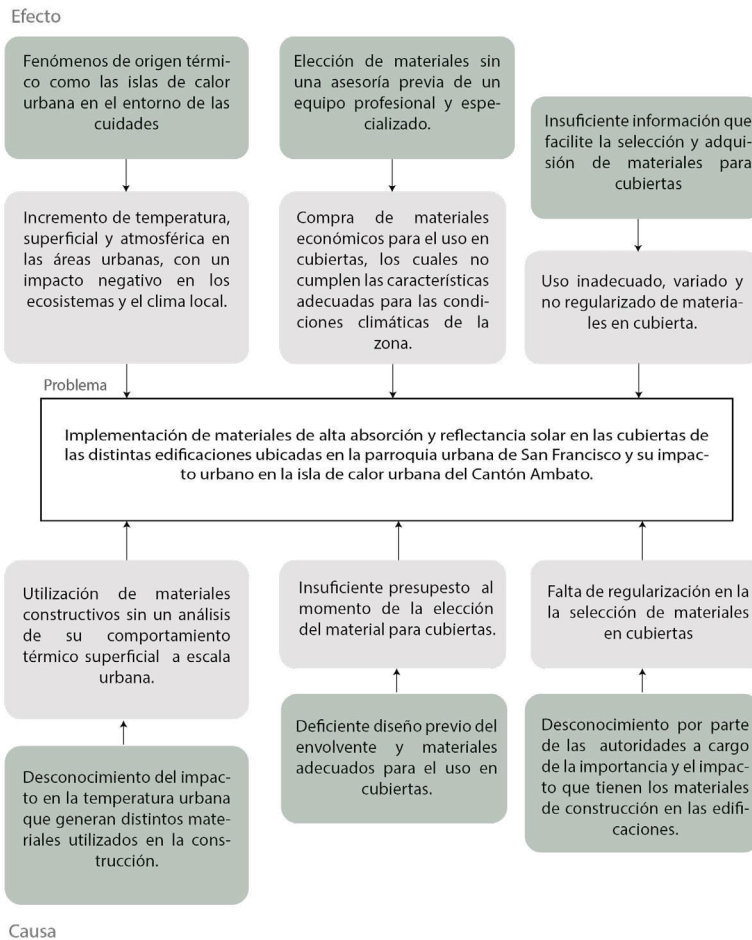
**Nota:** Adaptada Cooperativa Chibuleo, 2020.

En la parroquia existe gran presencia de estructuras como edificaciones, aceras y asfaltos que forman una morfología urbana en damero y cuyas cubiertas absorben la radiación durante el día y experimentan temperaturas más elevadas que en zonas circundantes, la parroquia San Francisco es el centro de la ciudad de Ambato donde se desarrollan varias actividades y existe gran afluencia de personas, es considerada una zona tanto comercial como cultural y en donde la presencia de grandes edificaciones ha hecho de esta parroquia el núcleo urbano de la ciudad.

La importancia de entender y analizar el fenómeno de las islas de calor en zonas urbanas es esencial para poder mitigar su impacto climático tanto en la vida de las personas que residen y transitan estos lugares como el impacto ambiental que tiene hacia nuestra salud y bienestar.

## Formulación del problema

Implementación de materiales de alta absorción y reflectancia solar en las cubiertas de las distintas edificaciones ubicadas en la parroquia urbana de San Francisco y su impacto urbano en la isla de calor urbana del Cantón Ambato.



## Preguntas de investigación

¿Cuál es la normativa existente en el POT del cantón Ambato respecto a los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones presentes en la parroquia urbana San Francisco?

¿Cuál es la temperatura superficial presente en la materialidad de las cubiertas de la parroquia urbana San Francisco?

¿De qué manera incide la elección de material de las cubiertas en la isla de calor urbana en la parroquia San Francisco?

¿Qué acciones son necesarias para poder mitigar el fenómeno térmico de la isla de calor urbana en las cubiertas en la parroquia San Francisco?

## Justificación

Esta investigación aborda un problema dentro de la línea de investigación ETUS (Estudios Urbanos Territoriales) de la Universidad Tecnológica Indoamérica por lo que es importante conocer el impacto que la materialidad de las cubiertas tiene en las islas de calor urbanas ya que afecta directamente en los microclimas que se generan en las zonas urbanas y en el confort térmico de sus habitantes siendo una variable en el estilo de vida de los mismos, además es necesario conocer la materialidad implementada en cubierta para lograr comprender su importancia al momento del diseño arquitectónico y

su impacto a nivel urbano, logrando crear dinámicas que reduzcan la isla de calor urbana y generen una incidencia positiva en las temperaturas de la zona.

La parroquia San Francisco al ser el núcleo central de la ciudad presenta este fenómeno térmico de las islas de calor urbano por lo que la relevancia de la investigación generará un impacto tanto al momento de diseñar y colocar materiales al proyecto arquitectónico como en el confort térmico de la ciudadanía residente y transeúnte del centro de la ciudad de Ambato, que cuenta con una población de alrededor de 165.185 habitantes, de esta forma buscando una planificación previa de la cubierta conociendo el impacto que esta tendrá en el entorno urbano.

Con esta investigación se beneficiará tanto a la ciudadanía en su estancia en la parroquia San Francisco como al contexto urbano del cual forma parte, recopilando datos teóricos que ayuden a conocer la incidencia de este fenómeno térmico de la isla de calor urbana y buscando alternativas para mitigarla.

La investigación se generará en el núcleo central del cantón Ambato en la plataforma urbana número uno denominada parroquia San Francisco por medio de un análisis de la zona urbana insitu, registros fotográficos con la ayuda de drones de las cubiertas de distintas edificaciones presentes en el contexto urbano, mapas temáticos de las temperaturas en las islas de calor y fichas de observación para el análisis e investigación de la materialidad de las cubiertas de tal forma generando y recolectando

información de respaldo para la sustentación de la investigación. Se dispondrá además de herramientas tecnológicas como QGIS, Formit y planimetrías de los predios urbanos en las cuales se podrá identificar las zonas de impacto en la isla de calor urbana.

## Objetivos

### Objetivo General

Plantear estrategias de mitigación del impacto ICU mediante el diagnóstico del comportamiento de los materiales en cubierta y los efectos en la población residente y flotante de la parroquia San Francisco, con el fin de mejorar el confort térmico en la zona y bienestar de los usuarios.

### Objetivos Específicos

- Analizar la normativa vigente del POT del cantón Ambato 2022, por medio de la revisión bibliográfica para conocer las regulaciones que existen respecto a la materialidad de las cubiertas presentes en la zona.
- Definir la temperatura superficial de la zona de estudio mediante un mapeo de temperatura superficial terrestre (LTS), buscando diagnosticar la incidencia de la materialidad de las cubiertas en la isla de calor urbana.

- Evaluar las características y propiedades higrotérmicas de los materiales en cubierta de las distintas edificaciones, con el uso de fotografías aéreas y fichas de observación de la zona de estudio para proponer estrategias de mitigación y adaptación para la materialidad de las cubiertas en las edificaciones en la parroquia San Francisco ante el fenómeno térmico de la isla de calor urbana.

## CAPÍTULO II

### Fundamento Conceptual

Terminología urbana aplicada en el trabajo de investigación.

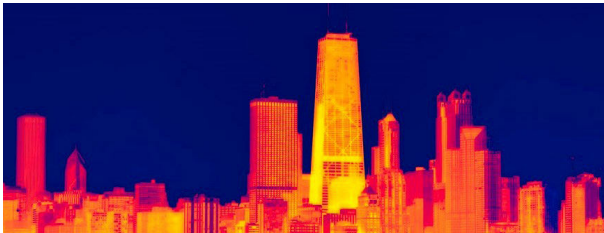
#### Clima Urbano

El clima urbano se define como aquellas condiciones del clima presentes en las áreas urbanas que son diferentes que las del entorno rural, esto puede ser atribuido al desarrollo urbano, la urbanización y otros cambios que ocurren en el paisaje urbano y muchos de estos son irreversibles, esto genera un contraste entre las áreas urbanas y áreas rurales (Mengual, 2021).

El clima de cualquier ciudad está controlado por muchos factores naturales, por ejemplo, la latitud, la topografía, la cobertura del suelo y las masas de agua. A medida que una ciudad crece y se desarrolla, nuevos factores alteran el clima local de la ciudad y contribuyen a la formación de un clima urbano diferente (Espere, 2004).

#### Figura 5.

*Clima Urbano-Escena Urbana*



**Nota:** Adaptado de Clima en experimentos urbanos, Universidad de México, 2020.

### Isla de Calor

Las islas de calor son un fenómeno de origen térmico que se caracteriza por la presencia de aire más caliente en ciertas zonas de la zona urbana de una ciudad, con una diferencia en la temperatura de las zonas rurales que están a su alrededor (García, 2018). El cambio de estas temperaturas se puede presentar por varias características entre ellas la densidad en las construcciones de las ciudades, los pavimentos, falta de áreas verde y cuerpos de agua además de los materiales utilizados en la construcción ya que generalmente aquellos que son en tonalidad oscuras absorben y dispersan mayor cantidad de calor.

#### Figura 6.

*Isla de Calor*



**Nota:** Adaptada de Islas de calor un fenómeno actual de las ciudades, García, Ciencia UNAM, 2018.

### Isoterma

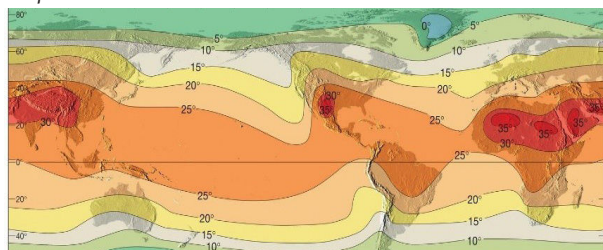
Se define como isoterma como líneas con la misma temperatura superficial que se unen a partir de vértices, estas se representan ya sea en un plano cartográfico o un mapa temático que presente temperaturas similares entre las líneas.



El isoterma además es una herramienta fundamental para la medición de las temperaturas de una zona (Ucha, 2011).

**Figura 7.**

*Mapa Global de Isoterma*



**Nota:** Tomado de Mapa Global de Isoterma, Viñas, J, 2020.

## NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada es un indicador ambiental utilizado para estimar la cantidad y calidad de la vegetación en un mapa, todo en base a la medición de la intensidad de la relación de ciertas bandas de espectro electromagnético (Alonso, 2016). Esta función de teledetección tiene como objetivo analizar los elementos como el suelo, el agua y sobre todo la vegetación.

**Figura 8.**

*Mapa de Índice de Vegetación Normalizada*



**Nota:** Tomado de NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada, Ferreras, R, 2021.

Terminología sobre propiedades higrotérmicas aplicada en el trabajo de investigación.

## Temperatura Ambiente

La temperatura ambiente se define como aquella que se encuentra en un rango donde el aire no es ni muy frío ni caliente su rango se estima que esta entre 15 °C y 30 °C, para que una temperatura sea confortable para ser humano se estima que debe estar en un rango de entre 18 °C a 22 °C, esta puede variar dependiendo de la humedad relativa del aire y la calidad del aire (Vivienda Saludable, 2018).

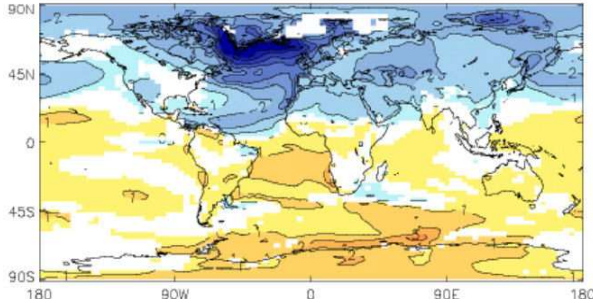
Un ambiente agradable debe tener una humedad relativa de 50-60% y se considera aceptable entre un 40% y un 70%. Un ambiente demasiado húmedo favorece el desarrollo de gérmenes nocivos y hongos (Vivienda Saludable, 2018).

## Temperatura Superficial

La temperatura superficial se define como la temperatura radiante de la superficie terrestre, se incluye la vegetación, los pavimentos, aceras, edificaciones entre otros esta temperatura se puede analizar con el uso de un espectro electromagnético (Globe, 2005). La temperatura superficial (TST) se estima a partir de canales espectrales infrarrojos, información que se puede obtener a partir de sensores térmicos. Los valores de la temperatura superficial dependen de varios factores como la cobertura vegetal de la zona, la humedad y el albedo.

**Figura 9.**

*Mapa de Temperatura Superficial*



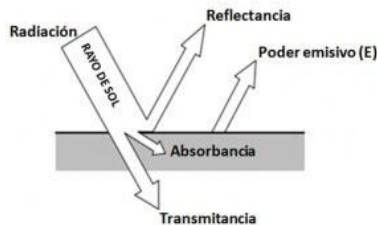
**Nota:** Tomado de Temperatura de la superficie del mar, Rojas, P, 2020.

## Absortancia

También denominado coeficiente de absorción, se define como la relación que existe entre el flujo de radiación que llega absorber una superficie y la radiación total que incide sobre la misma superficie (Construmática, 2011). Muchos materiales tienen esta capacidad de absorción y retención de las ondas electromagnéticas de los rayos solares.

**Figura 10.**

*Absortancia*



**Nota:** Tomado de Absortancia, Lupus, M, 2016.

## Albedo

El albedo es considerado como un porcentaje de radiación que una superficie refleja, este efecto se produce cuando los rayos solares inciden y entran en contacto con una superficie los rayos devueltos al exterior es considerado como albedo (Portillo, 2020). Este efecto se ve directamente influenciado por el color de las superficies y su capacidad de absorción de radiación solar.

## Reflectancia Solar

El índice de reflectancia solar denominado por sus siglas en inglés (SRI) es aquella que muestra la capacidad que pueden tener un material o superficie para reflejar el calor solar, la temperatura de este material puede aumentar con su exposición a los rayos solares (Laboratorios Eyco, 2021).

Las superficies de color negro pueden llegar a tener un índice de reflectancia solar de 0 ya que es un material poco reflectante y capaz de absorber todo el calor captado, por otro lado, un material con una superficie blanca podría tener un índice de reflectancia de 100 ya que es un material altamente reflectante (Pintuco, 2021). Se presenta a continuación una tabla con los valores de reflectancia solar presentes en los materiales más comunes utilizados en la construcción.



**Tabla 1.**

*Reflectancia Solar de materiales comunes en la construcción*

Material de la Superficie	Reflectancia Solar*
Pintura Acrílica Negra	0.05
Asfalto nuevo	0.05
Asfalto envejecido	0.1
Tejas de asfalto "blanco"	0.21
Concreto envejecido	0.2 a 0.3
Concreto nuevo (ordinario)	0.35 a 0.45
Concreto nuevo con cemento blanco Portland	0.7 a 0.8
Pintura Acrílica Blanca	0.8

**Nota:** Tomado de Reflectancia Solar for LEED, L. Marceau, 2007.

## Densidad

Se define como densidad la relación entre el peso y el volumen de un material, las unidades en las que se utiliza es kg/m<sup>3</sup>.

## Espesor

Se denomina al espesor como el grosor de un material, este está directamente relacionado con la densidad del material, además del espesor depende el aislamiento térmico que brinde un material ya que a medida que el espesor del material aumente el aislamiento aumenta (Isover, 2020).

## Conductividad Térmica

Se define como conductividad térmica a la propiedad de algunos materiales para transmitir calor, esta magnitud es inversa a la resistencia térmica, mientras más conductividad térmica tenga un material mayor conductor de calor será, y cuanto

menor sea el calor este será un material más aislante (Coluccio, 2021). Se presenta a continuación los valores de conductividad térmica de algunos materiales utilizados en la construcción.

**Tabla 2.**

*Conductividad Térmica de materiales comunes en la construcción*

	MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ) W/(mK)
ESTRUCTURA	ACERO	47-58
	MADERA LAMINADA	0.047
	HORMIGÓN ARMADO	1.40
	HORMIGÓN PRETENSADO	1.40
ENVOLTURAS DE ALTO RENDIMIENTO (PAREDES Y CIELO RASO)	LADRILLO	0.80
	PANELES HORMIGÓN PREFABRICADO	1.40
	PIEDRA	0.55
	PANELES FIBROCEMENTO	0.93
	PANELES YESO-CARTÓN	0.29-0.58
ENVOLTURAS DE ALTO RENDIMIENTO (TECHO)	VIDRIO	0.81
	CIELO RASO YESO-CARTÓN	0.29-0.58
	CIELO RASO ENDUELADO DE MADERA	0.209
	CUBIERTA CON MATERIAL DE TIERRA	0.76
PISOS	HORMIGÓN PULIDO	1.7
	PORCELANATO	0.81
AISLANTES	FIBRA DE VIDRIO	0.035
	LANA MINERAL	0.036-0.040
	ESPUMA DE POLIURETANO	0.029

**Nota:** Tomado de NEC-HS-EE, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018.

## Calor Específico

El calor específico es la cantidad de calor que una sustancia puede incrementar en su temperatura como unidad, la capacidad calorífica que tienen muchos materiales hace que aumenten su temperatura al contacto con los rayos infrarrojos, aquellos que son aislantes térmicos necesitan una capacidad calorífica alta ya que su temperatura no aumenta con facilidad debido a la relación masa y peso que estos tienen (Haverland, 2019).

**Tabla 3.**

*Calor Específico de materiales comunes en la construcción*

Tipo de material	Material	Propiedades térmicas				Referencia
		K [W/mK]	R [m²K/W]	Cp [J/kg K]	d [kg/m³]	
Piedra	Piedra – piedra compacta	3.49	-	840	2880	[2]
	Roca compacta	3.50	-	880	2750	[1]
	Piedra	1.83	-	712	2200	[2]
Asbestos, hormigón, bloques de hormigón	Hormigón	1.40	-	837	2220	[3]
	Concreto de mediana densidad	1.35	-	1000	1800	[2]
	Hormigón armado	1.63	-	1050	2400	[1]
	Asbesto	0.36	-	1050	1500	[2]
	Filrocemento	0.93	-	1250	2000	[1]
	Bloque de concreto	0.62	-	840	1040	[2]
	Concreto muy baja densidad	0.05	-	-	305	[4]
	Bloque de concreto	0.49	-	-	-	[4]
	Bloque hormigón celular vapor L	0.35	-	-	600	[1]
	Bloque hormigón celular vapor M	0.41	-	-	800	[1]
	Bloque hueco hormigón L	0.44	-	-	1000	[1]
	Bloque hormigón celular vapor P	0.47	-	-	1000	[1]
	Bloque hueco hormigón M	0.49	-	-	1200	[1]
	Bloque hueco hormigón P	0.56	-	-	1400	[1]
	Bloque hormigón ligero macizo	0.33	-	1050	1000	[1]
Bloque hormigón ligero	0.56	-	1050	1400	[1]	

**Nota:** La tabla muestra el calor específico del material en la columna representada con la simbología Cp. Tomado de NEC-HS-EE, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018.

## Resistencia Térmica

La resistencia térmica es la medida con la que un material se opone a ser atravesado por el calor, esta además determina el aislamiento térmico de los mismos ya que a mayor resistencia mejor es el aislamiento, esta es inversa a la conductividad térmica (Areatecnología, n.d.). La tabla que se presenta a continuación muestra la resistencia térmica de varios materiales en unidad m2 K/W con una temperatura promedio de 24 °C. El valor mínimo de resistencia térmica se determina en base al espesor en metros dividido para la conductividad térmica en W/mk (NEC-HS-EE, 2018).

$$R = e/\lambda$$

**Donde:**

e = Espesor en metros.

$\lambda$  = Conductividad térmica expresado en W/mK.

## Emisividad

La emisividad es la cantidad de radiación que emite un objeto, esta se determina por la proporción de radiación térmica que emana una superficie por las diferentes temperaturas de su entorno, esta puede tener un valor de entre 0 es objetos brillantes y 1 en cuerpos de color negro (Fluke, n.d.). La superficies orgánicas, pintadas u oxidadas pueden llegar a tener valores de emisividad de 0,95. A continuación, se muestra una tabla con los valores de emisividad de algunos materiales.

**Tabla 4.**

*Valores de emisividad de materiales.*

Material (temperatura del material)	Emisividad
Acero laminado en frío (93 °C)	0,75–0,85
Acero oxidado (200 °C)	0,79
Acero superficie tratada térmicamente (200 °C)	0,52
Algodón (20 °C)	0,77
Aluminio laminado sin tratamiento (170 °C)	0,04
Aluminio muy pulido (100 °C)	0,09
Aluminio, muy oxidado (93 °C)	0,2
Aluminio, no oxidado (100 °C)	0,03
Aluminio, no oxidado (25 °C)	0,02
Arcilla (70 °C)	0,91
Caucho, blando, gris (23 °C)	0,89
Cinc oxidado	0,1
Cobre ligeramente deslustrado (20 °C)	0,04
Cobre oxidado (130 °C)	0,76
Cobre, laminado (40 °C)	0,64
Cobre, pulido (40 °C)	0,03
Corcho (20 °C)	0,7
Cristal (90 °C)	0,94
Cromo (40 °C)	0,08
Cromo pulido (150 °C)	0,06
Cuerpo refrigerante anodizado negro (50 °C)	0,98

**Nota:** Tomado de Testo, Valores de Emisividad.

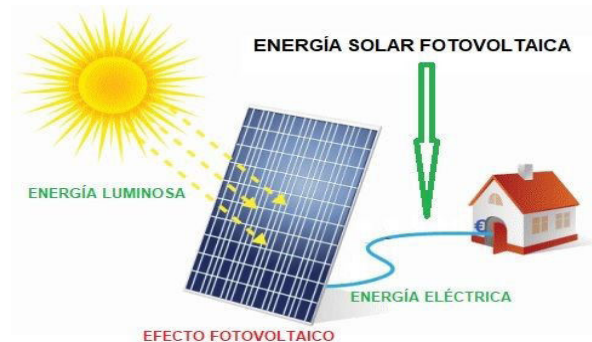
Terminología sobre energía fotovoltaica.

## Energía Fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una energía renovable que ayuda a tener un consumo eficiente al planeta, esta se genera con el uso de la energía del sol y la luz natural donde se transforma la radiación del sol en electricidad por medio de paneles fotovoltaicos (Ingeoexpert, 2019a).

**Figura 11.**

*Energía Solar Fotovoltaica*



**Nota:** La figura muestra el efecto fotovoltaico, tomado de Área tecnología, 2016.

## Paneles Solares

Los paneles solares son dispositivos que hacen de la luz solar energía eléctrica, los paneles fotovoltaicos están conformados por el conjunto de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre sí, los paneles fotovoltaicos captan tanto la radiación directa como la difusa por lo que pueden generar energía hasta en días nublados (IM2 Energía Solar, 2014).

**Figura 12.**

*Panel Fotovoltaico*



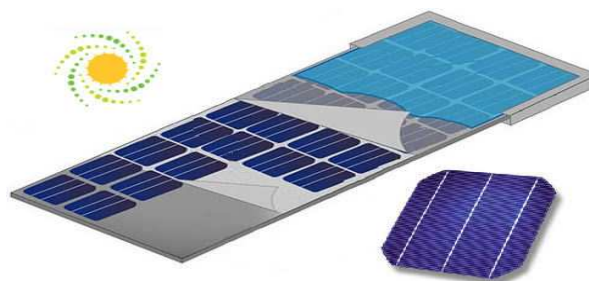
**Nota:** Tomado de Ecología Verde, Juste. E, 2019.

## Células Fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas son dispositivos conformados por metales sensibles a la luz los cuales desprenden electrones cuando los fotones de la radiación inciden sobre ellos, estos convierten la energía luminosa del sol en energía eléctrica, existen dos tipos de células fotovoltaicas las cristalinas y las amorfas (IM2 Energía Solar, 2014).

**Figura 13.**

*Células Fotovoltaicas*



**Nota:** Tomado de Ecología Verde, Juste. E, 2019.

## Fundamento Teórico

### NTE INEN-ISO 7730

Esta normativa técnica ecuatoriana es una traducción de la Norma Internacional ISO 7730:2005, donde se presenta métodos de para determinar la sensación térmica y el grado de insatisfacción térmica a las que las personas pueden estar expuestas en ambientes térmicos moderados. Nos habla además de ambientes térmicos aceptables para el bienestar y confort, dándonos temperaturas de suelo aceptables de entre 19 °C a 28 °C en actividades sedentarias (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016).

### Factores que influyen la formación e intensidad de la isla de calor urbana

Existen varios factores que inciden en la presencia de las islas de calor urbanas entre ellas la escasez de áreas verdes, por la presencia de grandes ciudades construidas y el aumento del suelo de concreto, la remoción de árboles y vegetación elimina el enfriamiento y sombra que estos proporcionaban, haciendo de la radiación solar un elemento más intenso en las ciudades (Perrozzi, 2021c). Los materiales de construcción tienen un fuerte impacto en la isla de calor urbana ya que al utilizar materiales oscuros y altamente absorbentes como el asfalto y el cemento retienen más energía y calor durante el día y liberan este calor durante la noche calentando el aire de la ciudad.

Los edificios en altura y la presencia de fachadas continuas también reducen el flujo del viento

lo que hace que el aire al interior de las ciudades sea más caliente y se encuentre atrapado entre las edificaciones de gran altura aumentando las temperaturas urbanas y multiplicando la radiación.

La energía que producen y consumen las ciudades desprende calor, además la contaminación producida por autos, sistemas de climatización e industrias aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero que producen las ciudades además hace que se atrape más radiación solar en los núcleos urbanos y los microclimas de la isla de calor urbana se intensifiquen (Perrozzi, 2021c).

### Efectos de la isla de calor

Diversas investigaciones muestran como el efecto de la isla de calor afecta a distintas ciudades en España, en el caso del centro de Valencia se presenta una diferencia de 10 grados centígrados entre el centro poblado y sus alrededores, la gran diferencia se ve marcada por la presencia de huertos que rodean la ciudad, en el caso de Barcelona la temperatura media del centro de la ciudad es de 18,2 °C y a sus afueras es de 15,5 °C (Remica, 2021), el impacto de la isla de calor no solo afecta el confort térmico del centro de las ciudades, esta altera la humedad atmosférica afectando la formación de nubes y los patrones de precipitación, también duplica la demanda de refrigeración de los edificios, contamina el aire, aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero lo que afecta directamente a la población y su salud causando enfermedades e incrementando la tasa de mortalidad de las ciudades. Entre Julio y junio del 2019 las olas de calor en Francia produjeron la muerte de al menos 1.435



personas, ya que el calor extremo causa efectos al sistema respiratorio, agotamiento e insolación.

El pavimento y superficies que tienen altas temperaturas influyen en las escorrentías de agua pluviales ya que calientan el agua que afecta la reproducción de especies acuáticas, esta contaminación térmica hace que las especies no tengan un ambiente adecuado para procrear y prosperar (Perrozzi, 2021c).

#### Figura 14.

*Ola de calor en Francia 2019*



Nota: Tomado de Transecto, Perrozzi. E, 2021.

### Estrategias De Mitigación Para Enfriar Nuestras Ciudades

Se han propuesto varias iniciativas para lograr mitigar el efecto de la isla de calor urbana en las ciudades entre ellas aumentar la cobertura vegetal, devolviendo e incrementando vegetación en calles, plazas que proporcionen sombra a los pavimentos y enfríen naturalmente el aire en la temperatura ambiente. La instalación de techos fríos reduce las temperaturas de las superficies en cubierta

estos recubrimientos utilizan materiales que reflejan la luz y no absorben todo el calor, estas edificaciones además presentan una disminución en la demanda de energía por sistemas de refrigeración.

Utilización de material en la construcción que absorban y retengan menos calor, haciendo que los asfaltos de colores negros se conviertan en colores más claros y permeables enfriando de esta forma los núcleos urbanos, el diseño y planificación de las ciudades compactas es necesario para tener una configuración que permita el enfriamiento del aire y mitigue las altas temperaturas en las ciudades (Perrozzi, 2021c).

### Cómo se genera la energía fotovoltaica

Existen varios elementos y componentes que hacen posible la energía solar fotovoltaica, el primero son las partículas llamadas fotones compuestas por el sol estas liberan electrones al contacto con los paneles solares en los cuales se encuentran las placas fotovoltaicas que son conductoras de silicio que permiten que la luz pase y se convierta en energía al momento del contacto.

Existen 3 tipos de paneles solares los fotovoltaicos que transforma la energía procedente del sol en energía eléctrica, los paneles térmicos que convierten la energía del sol en energía térmica y los paneles termodinámicos que funcionan tanto de día como de noche, se lo considera un panel híbrido ya que es tanto fotovoltaico como térmico, produce energía y calor de forma simultánea (Ingeoexpert, 2019b).

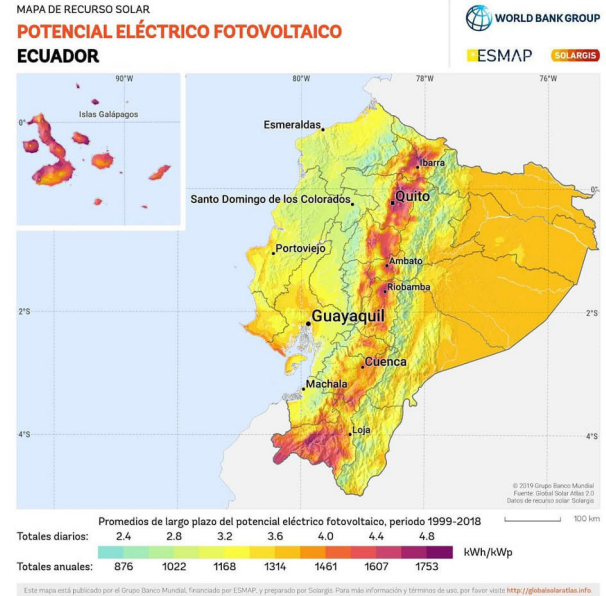
## Potencial Eléctrico Fotovoltaico En Ecuador

Ecuador posee un gran recurso solar inagotable gracias a su ubicación geográfica en la línea ecuatorial dispone de calor del sol los 365 días del año con una radiación promedio de 32 kWh al día y alrededor de 4200 kWh al año.

Ecuador tiene un gran porcentaje de energía que surge de las hidroeléctricas pero el 30% se sigue consiguiendo aún con la quema de combustibles fósiles, por lo que se busca potencializar que el 100% de la energía sea renovable. Para el 2019 entra en vigencia la Ley de Eficiencia Energética donde se promueve el uso sostenible de energía con el fin de ser un país más sustentable y mitigar los efectos crecientes del cambio climático, el potencial más grande con el que cuenta el Ecuador es el sol por lo que se busca transformar al país en un lugar energéticamente sustentable (Entretenidos Ec, 2021a).

Figura 15.

Potencial Eléctrico Fotovoltaico en Ecuador



**Nota:** La figura muestra el potencial eléctrico diarios y anuales en el Ecuador en kWh. Tomado de Entretenidos Ec, 2021.

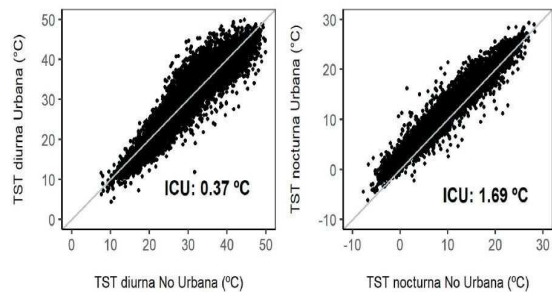
## Estado Del Arte

Para entender el comportamiento e incidencia de la isla de calor urbano en ciudades latinoamericanas se analiza 3 casos de estudio e investigaciones que se han realizado en la región. Como un primer referente se toma el “Análisis regional de las islas de calor urbano realizado en Argentina” (Casadei et al., 2021, p.1) donde con el fin de analizar el impacto de la urbanización en el aumento de la temperatura urbana se realiza un estudio a escala regional que muestre el comportamiento de este fenómeno, y la influencia de la vegetación en la intensidad de la isla de calor. Se estudia 55 ciudades de Argentina las cuales tengan la mayor densidad poblacional y una temperatura media de entre 13 a 25°C, mediante programas de teledetección se calculó la variación de las islas de calor entre las zonas urbanas y no urbanas, tomando como referencia las temperaturas promedio entre el año 2011 y 2015 entre las 13:00 y las 15:00 cada 8 días, concluyendo que la isla de calor urbana disminuía al aumentarse la distancia del centro urbano (Casadei et al., 2021).

El promedio anual diurno de aumento de temperatura superficial fue de entre 0,36 y 1,99 °C, mientras que en el nocturno fue de 1,68 y 0,6 °C, este promedio presentó diferencias entre ciudades al norte del país en ciudades como Mendoza se muestra un aumento de la temperatura superficial de hasta 4,2 °C, mientras que al sur el en ciudades como San Martín el promedio es de -0,02 °C, con estos resultados se muestra además la presencia de islas de frío urbano (Casadei et al., 2021) .

**Figura 16.**

*Isla de Calor urbano en ciudades argentinas*



**Nota:** La figura muestra el incremento de temperatura en la superficie urbana durante el día y durante la noche. Tomado de Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina, 2021.

Se analizó además la presencia de NDVI dando como resultado que las ciudades con una NDVI mayor a valores de 0.5 presentaban islas de calor, mientras que aquellas donde el valor fue menos a 0.5 presentaban islas de frío. Además, la presencia de la isla de calor urbana se ve relacionada a las precipitaciones y el clima local y se muestra la importancia de la vegetación sobre la temperatura superficial. El trabajo es el primer acercamiento a nivel regional del impacto de la urbanización en el clima urbano y la intensificación de la isla de calor urbana en las ciudades argentinas.

Se analiza el caso de estudio sobre la “Estimación de calor urbana en el área metropolitana de Iquitos/Perú” (Suazo et al., 2019, p.1), donde el proceso de urbanización se ha tenido un incremento en los últimos años, por lo que se realiza el análisis durante los años de 2001 a 2016 con una temperatura promedio de 35 °C en el día y 20 °C en la noche

utilizando un método de cuantiles y sensores se recopiló los datos de temperatura superficial. Se busca además analizar la NDVI y cobertura vegetal por lo que se separa las zonas rurales de las urbanas en 17 tipos de cobertura del suelo (Suazo et al., 2019). Donde se puede observar que el efecto de isla de calor más elevado se presenta en el periodo de Julio con un aumento de 2,38 °C y el más bajo en el mes de noviembre con un incremento de tan solo 0,29 °C.

**Tabla 5.**

*Isla de Calor urbano en Iquitos/ Perú*

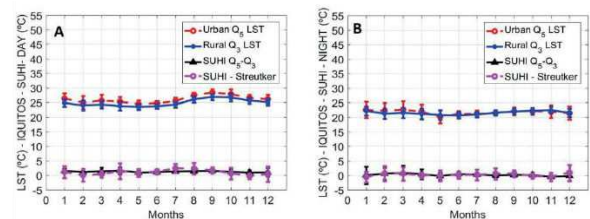
Meses	$T_0(C)_{rural}$	$A_0(C)$
Enero	$24.84 \pm 1.23$	$1.12 \pm 2.03$
Febrero	$24.03 \pm 1.41$	$-0.04 \pm 2.07$
Marzo	$24.26 \pm 1.36$	$0.36 \pm 1.22$
Abril	$23.82 \pm 1.36$	$1.43 \pm 2.78$
Mayo	$23.51 \pm 0.98$	$0.79 \pm 1.37$
Junio	$23.70 \pm 0.83$	$1.20 \pm 0.86$
Julio	$24.28 \pm 0.95$	$2.38 \pm 1.51$
Agosto	$26.18 \pm 1.02$	$2.28 \pm 1.97$
Setiembre	$26.92 \pm 1.00$	$1.64 \pm 1.13$
Octubre	$26.72 \pm 1.29$	$0.66 \pm 2.04$
Noviembre	$25.69 \pm 0.99$	$-0.29 \pm 1.01$
Diciembre	$25.18 \pm 1.07$	$0.37 \pm 2.65$

**Nota:** La tabla muestra las temperaturas obtenidas entre los años 2001-2016. Tomado de Estimación de la Isla de Calor Urbana en Iquitos/Perú, 2019.

Se analiza además variaciones en 3 diferentes lugares en el suelo urbano el suelo rural y la frontera entre los mismos, donde se observa un incremento de la isla de calor en los meses de verano y es ligeramente inferior en meses como mayo y agosto (Suazo et al., 2019).

**Figura 17.**

*Isla de Calor urbano en Iquitos/ Perú*



**Nota:** La figura muestra el incremento de la isla de calor urbano en 3 localidades diferentes y su medida mensual en los 12 meses del año. Tomado de Estimación de la Isla de Calor Urbana en Iquitos/Perú, 2019.

Como resultado se muestra que la isla de calor urbana muestra variaciones diurnas en septiembre de 1.51°C mientras que por la noche se presentan un aumento en la temperatura en el mes de marzo del 0,80 °C, además la presencia del río Amazonas y su topografía genera variaciones en la temperatura superficial que se toma como muestra.

Como un referente a nivel nacional se toma el “Análisis de la isla de calor urbana en el entorno andino de Cuenca” (Campoverde, 2018, p.1), donde su topografía y ubicación son condicionantes que influyen en la presencia de las islas de calor urbana en la ciudad que se encuentra ubicada en



el contexto de la cordillera de los Andes, además Cuenca en su área urbana se encuentra a menor latitud que la zona rural por lo cual presenta un incremento de calor urbano, la temperatura promedio del cantón se estima que se encuentra entre los 12.9 °C a 16,6 °C en los periodos de 1981 a 2010. La investigación se realiza en los periodos de época húmeda y época seca donde se plantea datos de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones de manera que sirva como referencia para analizar el comportamiento térmico de la isla de calor urbana (Campoverde, 2018).

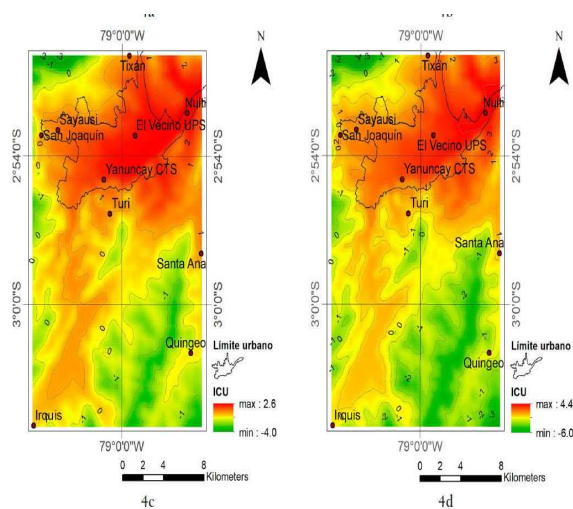
Mediante la generación de mapas de isotermas se obtiene los mapas de calor que compara la diferencia entre la temperatura superficial de la zona urbana y la zona rural donde se muestra que la temperatura incrementa en el área urbana está se encuentra a una altitud menor por lo que se estima que esta concentración de calor también se debe a esta variable. Para 2017 la isla de calor alcanza una concentración máxima de 4,4 °C y se observa que esto ocurre con mayor intensidad en los periodos secos (Campoverde, 2018).

Como resultado se plantea la existencia 3 tipos de isla de calor determinadas por su intensidad y la altitud en la que se encuentran, la primera la isla de calor fuerte presente en el centro urbano con un incremento de 2 a 3 °C en una altitud de 2.600 m s. n. m., la isla de calor desplazada ubicada en zonas que se están urbanizando que se va expandiendo de este a oeste con una temperatura promedio de 1 a 2 °C en una altitud de 2.700 m s. n. m, y por último la isla de calor débil donde su

temperatura no supera el 1 °C y se encuentran a más de 16km del centro urbano (Campoverde, 2018) . En las zonas rurales también se menciona que se podría tener el efecto de islas frías lo que ayuda al ambiente y microclimas urbanos de los centros poblados.

**Figura 18.**

*Isla de Calor urbano en Cuenca*



**Nota:** La figura muestra mapas de calor tomados tanto en la época húmeda como seca en los periodos de 2017. Tomado de Análisis de la Isla de Calor Urbana en el entorno de Cuenca, 2018.

Con el fin de analizar el comportamiento y de qué manera incide la elección del material en la isla de calor urbana se analiza cuatro referentes sobre la reflectancia solar de diferentes envolventes y su impacto en el clima urbano.

Se analiza el artículo científico “Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas” (Alchapar & Correa, 2015, p.1), donde nos muestra la importancia de una adecuada selección al momento de colocar materiales, se realiza la investigación a partir de dos escalas, tanto del objeto como a escala urbana. En la primera se realiza experimentos en los materiales opacos utilizados en la construcción tanto en un estado nuevo como envejecido tomando en cuenta sus propiedades de reflectancia solar, a escala urbana por otra parte se analiza el impacto de estos materiales en las temperaturas locales.

Se selecciona 150 materiales para ser ensayados, entre ellos 38 pavimentos, 16 tipos de tejas, 80 revestimientos texturados y 16 pinturas de látex, para analizar su comportamiento térmico se simula su ubicación en la ciudad de Mendoza a partir de esto se obtiene valores de albedo, emisividad, absorptancia y reflectancia. Se considera que un material tiene una alta absorptancia cuando su reflectancia solar esta entre 0 y 0,7, solo el 13% de los materiales tienen un índice menor al indicado ya que se caracterizan por ser materiales absorptivos.

Los resultados muestran que la temperatura superficial varía dependiendo de los materiales su composición su color y textura distintos pavimentos alcanzan los 31 °C, las tejas 22 °C y revestimientos los 39 °C (N. Alchapar & Correa, 2015).

En pavimentos horizontales se observa lo siguiente los pavimentos lisos tienen un mejor desempeño térmico es decir son más fríos que aquellos pavimentos rústicos, el color también es un factor determinante los colores claros tienen temperaturas superficiales de entre 30 y 50 °C mientras que colores como el negro presenta valores de 54,5 °C. Por otra parte, las tejas en cerámica muestran que tienen un mejor desempeño que los cementos, una teja colonial color terracota presenta temperaturas superficiales de 43 °C, el acabado en esmalte o natural muestra que los esmaltados son hasta 9 °C más fríos, por último los revestimientos texturados en un 43% en terminación acrílica muestran una mayor capacidad de reflectividad (N. Alchapar & Correa, 2015).

Se concluye que el material influye en las temperaturas urbanas, el comportamiento térmico de los materiales depende de su color, textura, forma, y envejecimiento se estima que los materiales disminuyen su capacidad reflectiva en un 30% luego de 3 años, aplicar estrategias de mitigación y enfriamiento con una adecuada elección del material reduciría hasta en 3 °C la temperatura superficial de las ciudades (N. Alchapar & Correa, 2015).

A continuación, se muestra una tabla con la temperatura superficial e índice de reflectancia de valores materiales ensayados.

**Tabla 6.**

*Valores de temperatura superficial e índice de reflectancia de materiales ensayados*

COD.	CARACTERÍSTICAS	Ts	SRI	COD.	CARACTERÍSTICAS	Ts	SRI				
PAVIMENTOS PEATONALES		Po2	Cementicio rústico circular araña negro	58	59	T11	Cementicia natural colonial terracota	55	64		
		Po5	Cementicio rústico circular abanico negro	62	52	T12	Cementicia mate francesa negra	64	47		
		Po7	Cementicio rústico recto cuadrado negro	60	55	T13	Cementicia acrílica francesa negra	61	53		
		P19	Cementicio rústico liso mosaico negro	58	59	T15	Cementicia mate colonial negra	56	63		
		P20	Cementicio rústico recto cuadrado gris	49	77	T16	Cementicia mate francesa terracota	56	63		
		P25	Granítico pulido liso mosaico gris multicolor	45	85	CW 72	Cementicio Salpicrate planchado gris plomo	68	40		
		P27	Cementicio rústico circular andalucía negro	61	52	CW 76	Cementicio Granitex medio ocre	59	57		
		P29	Granítico pulido liso mosaico negro murcia	56	62	CW 80	Cementicio Granitex medio gris plomo	47	80		
		P30	Cementicio-pétreo pulido recto cuadrado gris multicolor	49	76	SIP 10	Acrílico Rulato-travertino grueso marfil	38	99		
		P31	Granítico pulido liso mosaico verde jade	53	69	SIP 11	Acrílico Rulato-travertino grueso piedra paris	40	94		
		P33	Cementicio rústico recto cuadrado negro	58	59	SIP 18	Acrílico Llanao fino marfil	60	55		
		P34	Granítico pulido liso mosaico travertino	30	100	SIP 27	Acrílico Llanao grueso piedra paris	57	61,5		
		P35	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes negro	58	58	SIP 36	Acrílico Granitex medio ocre	47	80,5		
		P36	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes rojo	51	72	SIP 40	Acrílico Granitex medio gris plomo	70	35		
		P37	Cementicio-calcáreo pulido recto dos panes amarillo	53	69	PINTURAS	Lo1	Atérmica mate blanca	41,5	92	
		P38	Cementicio-calcáreo pulido recto vainilla amarillo	50	74		Lo2	Acrílica mate negra	70	36,5	
		TEJAS		To1	Cerámica natural colonial terracota	43	90	Lo7	Impermeable satinada blanca	31	100
				To4	Cerámica brillante bicocación francesa negra	56	63,5	L16	Impermeable satinada terracota	59,5	58

**Nota:** La tabla muestra la temperatura superficial (TS) y el índice de reflectancia solar (SRI). Tomado de Reflectancia Solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto en las temperaturas urbanas, 2015.

Por otra parte, se toma como referente la “Evaluación de reflectancia solar de ensamblajes de techos de viviendas en Guayaquil, Ecuador” (Macias et al., 2015, p.1) donde el impacto de la reflectancia solar y el comportamiento energético de varios techos ubicadas en viviendas de interés social en Guayaquil, todos los valores analizados se obtuvieron de 51 muestras de materiales típicamente utilizados en viviendas locales como teja de cerámica roja, paneles de acero, zinc y fibrocemento, ocupando la norma ASTM E903 se efectuó el método experimental para calcular la reflectancia solar, y por medio de simulaciones energéticas se presentó las condiciones climáticas del lugar de estudio con un clima cálido húmedo (Macias et al., 2015).

Como resultado se muestra que los mayores valores de reflectancia solar provienen de los paneles de acero mientras que la utilización de baldosas cerámicas tiene los valores más bajos, el rendimiento energético de las viviendas muestra que se necesita del 15,70% de refrigeración anual, la demanda de refrigeración disminuye cuando la reflectancia solar aumenta, los valores de reflectancia solar variaron de entre 0,29 a 0,51 (Macias et al., 2015).

**Tabla 7.**

*Valores de reflectancia solar de piezas ensayadas*



Sample	$SR_t$
Steel panel	0.51
Zinc panel	0.42
Fiber cement	0.32
Red Ceramic Tile	0.29

**Nota:** La tabla muestra los valores de reflectancia solar (SR). Tomado de Evaluación de reflectancia solar de ensamblajes de techos de viviendas en Guayaquil, Ecuador, 2015.

La “Medición del efecto de muestras locales de techos comerciales en el comportamiento térmico de una vivienda de interés social ubicada en diferentes climas del Ecuador” (Litardo et al., 2019, p.1) es otro artículo científico analizado para entender el efecto de la reflectancia y el comportamiento térmico de las cubiertas utilizadas en 6 ciudades del Ecuador Cuenca, Guayaquil, Lago Agrio, Portoviejo, Quito y Santa Cruz, tomando 23 muestras de techos comerciales mediante el método de E1918A se analiza los diferentes valores de ensayos, se calcula la reflectancia media experimental, tomando

en cuenta el tipo de material y el espesor de las muestras, todas estas tienen un color opaco por lo que los valores de reflectancia son bajos con un rango de 0,11 a 0,62. Por medio de simulaciones termo energéticas en el software Energy Plus donde se obtuvo resultados de las propiedades térmicas de distintos materiales de construcción (Litardo et al., 2019).

Como resultados se obtuvo que los techos de fibrocemento generan un mayor valor de reflectancia solar por lo que producen un mayor número de horas donde el confort térmico dentro de los modelos de vivienda social no son los adecuados (Litardo et al., 2019).

Se concluye que el uso de materiales influye directamente en el confort térmico dentro de la vivienda, los techos que presentan una mayor reflectancia solar pueden mejorar el confort térmico del interior, el uso de techo con un espesor ancho en los materiales es recomendable para ciudades andinas como Quito y Cuenca. Según los análisis realizados no es recomendable usar tejas de fibrocemento y plástico ya que aumenta las temperaturas al interior de las viviendas generando un desconfort térmico para el usuario (Litardo et al., 2019).

A continuación, se muestra como el tipo de techo sus variantes y valor de reflectancia solar.

**Tabla 8.**

*Valores de reflectancia solar de muestras de techos*

Sample code	Material (Roof/Insulation)	Thickness* (mm)	Color	Shape	SR (E-1918A)
1808001	Galvalume/PIR	15	Silver	Sandwich Panel	0.60 (0.05)
		50			
1808002	Pre-painted Steel/PIR	15	Blue	Sandwich Panel	0.20 (0.02)
		25			
1808003	Pre-painted Steel/PIR	15	Bronze	Sandwich Panel	0.14 (0.02)
1808004	Pre-painted Steel/PIR	25	Red	Sandwich Panel	0.26 (0.01)
		15			
1808005	Pre-painted Steel/PIR	25	Terracotta	Sandwich Panel	0.25 (0.04)
		50			
1808006	Pre-painted Steel/PIR	25	Green	Sandwich Panel	0.14 (0.01)
		50			
1808007	Fiber cement/None	6	Gray	Curved Tile	0.29 (0.03)
1808008	Pre-painted Steel/PIR	25	Terracotta	Curved Tile	0.22 (0.01)
1808009	Pre-painted Steel/PIR	25	White	Sandwich Panel	0.62 (0.02)
1808010	Pre-painted Steel/PIR	25	Distressed Terracotta	Curved Tile	0.12 (0.02)
1808011	Fiber cement/None	4	Gray	Curved Tile	0.30 (0.02)
1808012	Pre-painted Steel/PIR	25	Bronze	Curved Tile	0.13 (0.01)
1808013	Pre-painted Steel/None	1	Terracotta	Curved Tile	0.19 (0.03)
			Terracotta/		
1808014	Fiber cement/None	6	Distressed Terracotta	Curved Tile	0.18 (0.01)
			Gray		
1808015	Fiber cement/None	6	Gray	Curved Tile	0.41 (0.03)
1808016	Pre-painted Polypropylene/None	1	Terracotta	Curved Tile	0.11 (0.02)
1808017	Fiber cement/None	6	Gray	Curved Tile	0.33 (0.01)
1808018	Pre-painted Steel/None	1	Green	Curved Tile	0.16 (0.02)

**Nota:** La tabla muestra los valores de reflectancia solar (SR). Tomado de Medición del efecto de muestras locales de techos comerciales en el comportamiento térmico y diferentes climas del Ecuador, 2019.

Con el fin de analizar como el paso del tiempo afecta el comportamiento térmico de los materiales en cubierta se analiza el artículo científico “Envejecimiento de revestimientos de cubiertas. Estabilidad de la reflectancia solar según sus características morfológicas” (N. L. Alchapar & Correa, 2016).

Tomando en cuenta que las cubiertas son el componente que más radiación emite un edificio se toma para el análisis 19 tejas y pinturas para techos para cuantificar el índice de reflectancia solar durante 3 años, después de haberse degradado por



varios factores como el polvo, el hollín y la misma exposición solar, y factores climáticos los materiales puede presentar variaciones y cambios en su temperatura (N. L. Alchapar & Correa, 2016).

El análisis se realiza en la ciudad de Mendoza Argentina donde los materiales evaluados en cubierta muestran que el 61% de las cubiertas son planas y que ocupan materiales asfálticos mientras que para las cubiertas inclinadas que representan el 39% la mayoría son de teja. El estudio muestra que el índice de reflectancia solar en la teja disminuye con los años como consecuencias su capacidad de reducir la temperatura superficial se deteriora rápidamente, aumentando la temperatura superficial de los edificios entre hasta 24 °C, por otra parte, la pintura de los techos aumenta su índice de reflectancia hasta en 4,5 °C.

Los resultados presentados en Tabla 9 muestran que los materiales con características más

eficientes cuando son nuevos son las más inestables después de tres años de exposición a la intemperie mientras que aquellos materiales con niveles más bajos de SRI inicial permanecen más estables después del envejecimiento, otros factores que influyen en el índice de reflectancia solar es la posición y pendiente en la cual está ubicado el material. Se concluye que todos los materiales tienden a reducir su capacidad de reflectancia con el tiempo, además la teja al tener un envejecimiento rápido no es recomendable al momento de usar en techos, mientras que las pinturas de colores claros son una alternativa simple para la reducción del calor e impacto en los microclimas urbanos como las islas de calor (N. L. Alchapar & Correa, 2016).

A continuación, se muestra una tabla que resume las características y los materiales que tienen un mayor índice de reflectancia solar y como es sus valores y envejecimiento después de un periodo de 3 años (N. L. Alchapar & Correa, 2016).

**Tabla 9.**

*Valores de temperatura superficial y reflectancia solar de muestras de techos durante el primer y tercer año de vida útil.*

Charac.	Thermal efficiency in new material	Thermal efficiency in aged material	Sri stability
<i>Roof tiles</i>			
Finish	<b>Enamel</b> (clay composition)	↓Ts <sub>1</sub> = 9 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 18%.	100% Cat. C
	<b>Acrylic</b> (concrete composition)	↓Ts <sub>1</sub> = 3 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 6%.	
Comp.	<b>Clay</b>	↓Ts <sub>1</sub> = 12 °C; ΔSRI <sub>1</sub> = 26%.	50% Cat. B; 50% Cat. C
	<b>Clay</b>	↓Ts <sub>3</sub> = 3 °C; ↑SRI <sub>3</sub> = 7%.	
Shape	<b>Colonial</b>	↓Ts <sub>1</sub> = 5 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 10%.	33% Cat. B; 67% Cat. C
	<b>Colonial</b>	↓Ts <sub>3</sub> = 6 °C; ↑SRI <sub>3</sub> = 11%.	
Color	<b>Terracotta</b> (clay composition)	↓Ts = 10 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 22%.	37.5% Cat. B; 62.5% Cat. C
	<b>Gray</b> (concrete composition)	↓Ts <sub>1</sub> = 18 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 35%.	
<i>Roof paint</i>			
Finish	<b>Glazed</b>	↓Ts <sub>1</sub> = 1.5 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 3%.	100% Cat. A
	<b>Athermic</b>	↓Ts <sub>1</sub> = 1.5 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 3%.	
Comp.	<b>Glazed</b>	↓Ts <sub>3</sub> = 1.5 °C; ↑SRI <sub>3</sub> = 0.5%.	100% Cat. A
	<b>Athermic</b>	↓Ts <sub>3</sub> = 1.5 °C; ↑SRI <sub>3</sub> = 0.5%.	
Color	<b>White</b>	↓Ts <sub>1</sub> = 16.5 °C; ↑SRI <sub>1</sub> = 31%.	100% Cat. A
	<b>White</b>	↓Ts <sub>3</sub> = 18 °C; ↑SRI <sub>3</sub> = 31%.	

**Nota:** La tabla muestra los valores de temperatura superficial (Ts) y reflectancia solar (SRI) en el primero y tercer año. Tomado de Envejecimiento de revestimientos de cubiertas. Estabilidad de la reflectancia solar según sus características morfológicas, 2016.

Por último, para entender estrategias de adaptación y mitigación para las islas de calor urbanas se analiza “La intensidad de la isla de calor urbano y sus estrategias de mitigación en el área urbana de rápido crecimiento”(Jain et al., 2020). En este estudio se compiló de imágenes satelitales de teledetección y estudios de campo y encontró que los cambios térmicos y la isla de calor urbano existen en la ciudad de Nagpur. El entorno térmico urbano de Nagpur es un problema ambiental que genera la necesidad de una planificación de ciudad inteligente centrada en estrategias de reducción de la temperatura que creen condiciones de vida confortables en la zona.

Los cuerpos de agua y la vegetación presentan una intensidad de isla de calor urbana muy débil, lo que implica que la disponibilidad de estos factores es fundamental para mitigar los efectos térmicos. Las áreas periféricas también son vulnerables a la intensidad del calentamiento, debido a la falta de cobertura verde y al aumento de la tierra estéril. Los enfoques de planificación propuestos y los hallazgos de este estudio podrían ser útiles para los planificadores, administradores de tierras y tomadores de decisiones para adoptar planes de uso de la tierra relevantes y útiles, un plan de ciudad verde para mitigar el aumento de la temperatura y el malestar térmico de la ciudad (Jain et al., 2020).

“Intensidad de isla de calor urbana y necesidades energéticas de edificios en Durán, Ecuador: estudios de simulación y propuesta de estrategias de mitigación” (Litardo et al., 2020). Este estudio detectó una intensidad de la isla de calor para la ciudad de Durán de 2 a 4 grados centígrados en promedio y un aumento en las necesidades de energía de enfriamiento de los edificios que van del 12 al 70 %. Estos resultados se deben principalmente al calor generado por el tráfico y las diferencias morfológicas entre sectores.

La implementación de estrategias de mitigación es necesaria ya que los planificadores urbanos necesitan indicaciones que puedan ayudar en el proceso de toma de decisiones, para ciudades de clima tropical, se propone soluciones ecológicas como primera opción como el mejoramiento del albedo de pavimentos y techos además de limitar la presencia vehicular en los entornos urbanos densos.

Para las nuevas ciudades planificadas, se debe lograr un equilibrio entre las dimensiones horizontales y verticales, asegurando una densidad optimizada con una morfología abierta de calles para permitir la regulación micro climática a través de la ventilación evitando de esta forma que la radiación quede atrapada en las ciudades y sus componentes (Litardo et al., 2020).

## Tabla resumen estado del arte

Tabla 10.

Tabla Resumen del Arte.

TABLA RESUMEN - ESTADO DEL ARTE			
AUTOR	TEMA/TÍTULO	AÑO	APORTE
Casadei, P. Semmartin, M. Garbuly, M.F.	Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina	2021	Se analizaron 55 de las ciudades más grandes del país, ubicadas en 10 ecorregiones, mediante datos satelitales de temperatura de la superficie terrestre se concluyó que la isla de calor urbana diurna promedio anual de las ciudades argentinas para 2011-2015 fue 0.36 a 1.99 °C y la nocturna 1.68 a 0.61 °C. Además se mostró la presencia de islas de frío en las regiones argentinas.
Suazo, J. Vasques, R. Rojas, J.	Estimación de Isla de Calor Urbana Superficial en el Área Metropolitana de Iquitos/Perú	2019	La presente contribución estima la Intensidad de Isla de Calor Urbano Superficial en Perú durante el periodo 2001 – 2016. La isla de calor nocturnas presenta valores máximos en marzo 0.80°C y valores mínimos en noviembre -0.51°C. La presencia del río Amazonas se convirtió en un factor determinante para la estimación de la isla de calor urbana.
Campoverde, A	Análisis de la isla de calor urbana en el entorno andino de Cuenca-Ecuador	2018	Los mapas de calor muestran a la zona urbana de Cuenca con una mayor temperatura con una diferencia térmica de 3°C de la zona rural, además el análisis fue realizado en un rango altitudinal que no varía en más de 500 m s. n. m. y muestra la importancia del rango altitudinal.
Alchapar, N. Correa, E.	Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas	2015	La investigación caracteriza el comportamiento térmico de 150 materiales disponibles a nivel local mediante el Índice de Reflectancia Solar se determinó su impacto sobre la temperatura urbana. Los resultados revelaron que aunque el color es una variable determinante del desempeño térmico superficial de un material su comportamiento puede ser mejorado o empobrecido por el efecto de otras características como: terminación, composición y envejecimiento.
Macías, J. Soriano, G. Sanchez, H. Canchingre, Y.	Assessment of solar reflectance of roofing assemblies of dwellings in Guayaquil, Ecuador.	2015	Se calcula la reflectancia solar de cuatro muestras típicas de techos en Guayaquil. Los resultados de esta investigación evidencian que el mayor valor de reflectancia solar proviene de la muestra de paneles de acero, mientras que la muestra de baldosas cerámicas es la más pequeña. El consumo anual de refrigeración cae a medida que aumenta la reflectancia solar, con un cambio máximo de -43,88 %.
Litardo, J. Macías, J. Hidalgo-León, R. Cando, M	Measuring the effect of local commercial roofing samples on the thermal behavior of a social interest dwelling located in different climates in Ecuador.	2019	En este trabajo se presenta una evaluación del efecto de la reflectancia solar de los ensamblajes de cubiertas sobre el comportamiento térmico de un modelo de vivienda de interés social ubicado en seis ciudades representativas del Ecuador, concluye que no es recomendable usar tejas de fibrocemento ni plásticos en materiales de cubierta.
Alchapar, N. Correa, E.	Aging of roof coatings. Solar reflectance stability according to their morphological characteristics	2016	El objetivo de este estudio es evaluar cómo el paso del tiempo afecta el comportamiento térmico de 19 tejas y pintura para techos. El impacto del envejecimiento se cuantifica por el cambio en el índice de reflectancia solar durante tres años. Los resultados muestran que los revestimientos para techos evaluados tienden a aumentar la temperatura superficial entre 3,5 °C y 24 °C.
Litardo, J. Palme, M. Borbor-Cordova, M. Macías, J.	Urban Heat Island intensity and buildings' energy needs in Duran, Ecuador: Simulation studies and proposal of mitigation strategies	2020	Este artículo evalúa el caso de Durán, Ecuador en el cual a través de un análisis de distribución espacial, parámetros de morfología urbana, propiedades de los materiales y emisiones de calor antropogénico en las calles. Los resultados indican que la ciudad de Durán está fuertemente afectada por isla de calor, especialmente en asentamientos informales con alta liberación de calor antropogénico.
Jain, S. Rahmat, S. Bhatt, S	Urban heat island intensity and its mitigation strategies in the fast-growing urban area	2020	Los enfoques de planificación propuestos y los hallazgos de este estudio podrían ser útiles para los planificadores, administradores de tierras y tomadores de decisiones para adoptar planes de uso de la tierra relevantes y útiles, un plan de ciudad verde para mitigar el aumento de la temperatura y el malestar térmico de la ciudad

**Nota:** La tabla muestra los artículos científicos analizados en el estado arte con el aporte de cada uno a la investigación. Elaboración Propia.



## Metodología de la Investigación

### Línea y sub línea de la investigación

El tema; el impacto de la materialidad de las cubiertas de edificaciones en la isla de calor urbana en la parroquia San Francisco del cantón Ambato, está vinculada a la línea 1; “Sistemas Territoriales (EUT Estudios Urbanos Territoriales)”, sub línea; “Planificación, manejo y gestión de territorios rurales y urbanos”.

### Diseño Metodológico

#### Enfoque de la investigación

Se define el enfoque de la presente investigación como cualitativa con un nivel descriptivo, ya que se recogerá y analizará los datos cuantitativos sobre variables y propiedades higrotérmicas en relación al tipo de material como el estado del material, color, altura de la edificación, temperatura ambiente, temperatura superficial, conductividad térmica, reflectancia solar, emisividad entre otros con el fin de analizar el impacto que tienen en la isla de calor urbana los materiales de las distintas cubiertas analizadas.

#### Nivel de investigación

El nivel de investigación en base al enfoque; cualitativa tiene categorías como descriptiva, de campo y experimental. El nivel descriptivo se realizará con el fin de estimar distintas propiedades que inciden en el impacto que tiene la materialidad de las cubiertas en la isla de calor urbano en la parroquia San Francisco, de campo por medio de la

recolección de datos y fichas de observación de la materialidad de las cubiertas y fichas sobre las propiedades higrotérmicas de los materiales presentes en cubierta determinando la incidencia de los mismos en la isla de calor urbana de la parroquia San Francisco.

#### Tipo de investigación.

El tipo de investigación en función del propósito es básico; mediante bases teóricas. Por su nivel de profundidad se clasifica como descriptiva, por la naturaleza de sus datos la investigación es cuantitativa y a realizarse en campo con el levantamiento de los datos en las fichas de observación, por su tipo de inferencia el método se realizará de modo hipotético.

#### Población y muestra

Para la muestra de población se toma como referencia las temperaturas de la superficie total de la parroquia San Francisco y por un método no probabilístico de muestreo deliberado de las edificaciones de la parroquia se escoge determinadas áreas donde la temperatura superficial es mayor, en un rango; mayor a 27°C, considerando que estos valores son temperaturas donde el ser humano ya no se siente en confort, ya que según la norma INEN-ISO 7730 las temperaturas de suelo aceptables son entre 19 °C a 28 °C.

#### Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que

tomaremos son en primer lugar la recopilación y análisis documental; comprendiendo y analizando investigaciones y estudios de casos realizadas tanto nacional como internacionalmente. La segunda la observación que se realizara mediante fichas de análisis en el cual se determinada el estado actual de la materialidad de las cubiertas en las edificaciones seleccionadas en la muestra de la parroquia urbana San Francisco.

### **Técnicas Para el procesamiento de la información**

Las técnicas aplicadas en esta investigación serán;

1. La recopilación; con recursos como el fichaje tanto de las cubiertas de las edificaciones como de los materiales presentes en las mismas abordando parámetros en base al fenómeno de la isla de calor y ubicando en tablas resumen estos resultados; evidenciando con fotografías y características en torno a temática de islas de calor.

2. Análisis y observación; determinando la situación actual de las cubiertas de las edificaciones en la parroquia San Francisco generando gráficos y simulaciones termo energéticas que determinen la temperatura superficial de los distintos puntos de la parroquia.

### **Proceso Metodológico**

**Objetivo 1.** Analizar la normativa vigente del POT del cantón Ambato 2022, por medio de la revisión bibliográfica para conocer las regulaciones que existen respecto a la materialidad de las cubiertas presentes en la zona.

1.Revisar la normativa vigente del POT de Ambato en busca de información relacionada a la elección de materiales en cubierta.

2. Analizar con que regularizaciones cuenta la normativa del POT de Ambato 2022 al momento de construir edificaciones y en relación a la materialidad de la cubierta.

3. Analizar la NEC-HS-EE (Normativa Ecuatoriana de Construcción Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales) y encontrar normativa con respecto a la materialidad de las cubiertas.

**Objetivo 2.** Definir la temperatura superficial de la zona de estudio mediante un mapeo de temperatura superficial terrestre (LTS), buscando diagnosticar la incidencia de la materialidad de las cubiertas en la isla de calor urbana.

1. Delimitar el área de estudio y la plataforma urbana de la cual se va a investigar.

2. Utilizar el software de teledetección QGIS que determine las zonas con una temperatura superficial en un rango; mayor a 27°C.

3. Seleccionar tres zonas que presenten una temperatura superficial elevada mayor a 27°C.

**Objetivo 3.** Evaluar las características y propiedades higrotérmicas de los materiales en cubierta de las distintas edificaciones, con el uso de fotografías aéreas y fichas de observación de la zona de estudio para proponer estrategias de mitigación y adaptación para la materialidad de las cubiertas en las edificaciones en la parroquia San Francisco ante el fenómeno térmico de la isla de calor urbana.

1. Diseñar una ficha de observación y recolección de datos para el análisis de cubierta en la parroquia San Francisco, a su vez realizar una ficha de observación para determinar las características y propiedades de los materiales presentes en las mismas cubiertas.

2. Analizar los datos y generar conclusiones del porque existe un aumento de la temperatura superficial en las edificaciones seleccionadas.

3. Analizar los materiales utilizados en cubiertas de la parroquia San Francisco y sus propiedades higrotérmicas.

4. Investigar documentos relacionados a estrategias para mitigar la isla de calor urbana en las áreas urbanas.

5. Simular características termo energéticas con el software Formit para obtener datos de radiación.

6. Calcular el potencial fotovoltaico de la parroquia urbana San Francisco a través de la ecuación: Rendimiento = (radiación solar kWh/m<sup>2</sup>) \* (área del panel m<sup>2</sup>) \* (eficiencia del panel %) \* (eficiencia del convertidor %).

### Conclusiones capitulares

Al analizar todos los referentes del estado del arte se concluye que existe la presencia del fenómeno térmico de las islas de calor urbanas en las ciudades latinoamericanas y cuyo efecto genera un aumento en la temperatura superficial tanto diurna como nocturna, en muchas ciudades existe a su vez la presencia de islas de frío, se presentan varios factores que influyen en el crecimiento de las islas de calor entre ellas la vegetación y la importancia del NDVI, el calor generado por el tráfico y las distintas actividades que se realizan en las ciudades, la morfología y compacidad de las mismas, a su vez podemos ver que en las ciudades andinas la altitud en la que se encuentran también es una variable a tomar en cuenta.

Con respecto a los materiales utilizados en cubierta el material con un mejor desempeño en cuanto a reflectancia solar es la teja y las superficies esmaltadas que son hasta en 9°C superficies más frías, los materiales además presentan un envejecimiento y disminución en su capacidad reflectiva de hasta un 30% después de 3 años, según el análisis de muestras de techos locales concluye que los techos con mayor reflectancia solar mejoran el confort térmico al interior de las viviendas, y se recomienda no usar en cubierta materiales como las tejas de fibrocemento y plásticos.

Como parte de las estrategias de mitigación se busca lograr un equilibrio entre las dimensiones horizontales y verticales de las nuevas edificaciones, asegurando una densidad optimizada con una morfología abierta de calles para permitir la regulación micro climática a través de la ventilación evitando de esta forma que la radiación quede atrapada en las ciudades y sus componentes.

La metodología utilizada en la investigación se va a realizar con un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo y de campo, al estimar el estado de las cubiertas y las propiedades higrotérmicas de los materiales mediante la observación en el sitio de estudio. Como población se toma las temperaturas de la superficie total y la muestra se genera al identificar las áreas donde existe una temperatura mayor a 27 °C, la recolección de datos se dará por medio de fichas de observación y las técnicas de procesamiento de datos se dará por medio de gráficos estadísticos y conclusiones acorde al tema.

## CAPÍTULO III

### Ubicación

El sitio de estudio está ubicado en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato dentro de su límite urbano la parroquia urbana San Francisco.

#### Figura 19.

*Ubicación Parroquia San Francisco*

### Parroquia San Francisco

Cantón Ambato  
Escala: 1:35000  
Autor: Nicole Lara.



Provincia de Tungurahua



Cantón Ambato



Parroquia Urbana San Francisco

Nota: Elaboración propia.

### Estructura Climática

#### Tipo de Clima

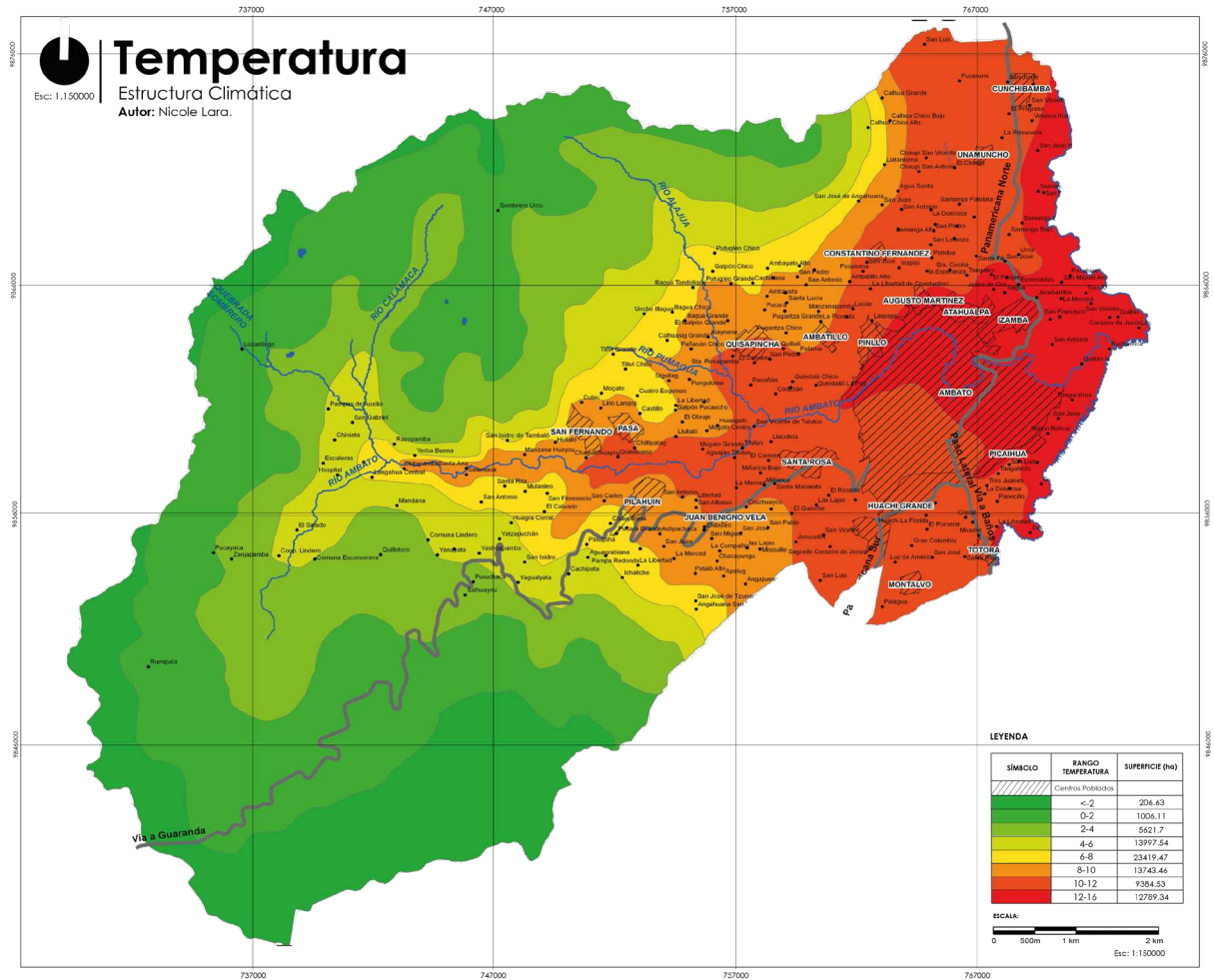
Ambato cuenta con un clima templado andino con una altitud de 2580 m s. n. m. y una temperatura promedio de 15,7 °C.

### Temperatura

Por la topografía de la ciudad y la ubicación dentro del callejón interandino Ambato cuenta con un promedio de temperaturas templadas y frescas, donde la época cálida de la ciudad se produce de octubre a diciembre con una temperatura promedio de 20°C y una mínima de 10°C, por otro lado, la temperatura más fresca se produce de junio a agosto con un promedio de 18°C.

Figura 20.

Temperatura Cantón Ambato

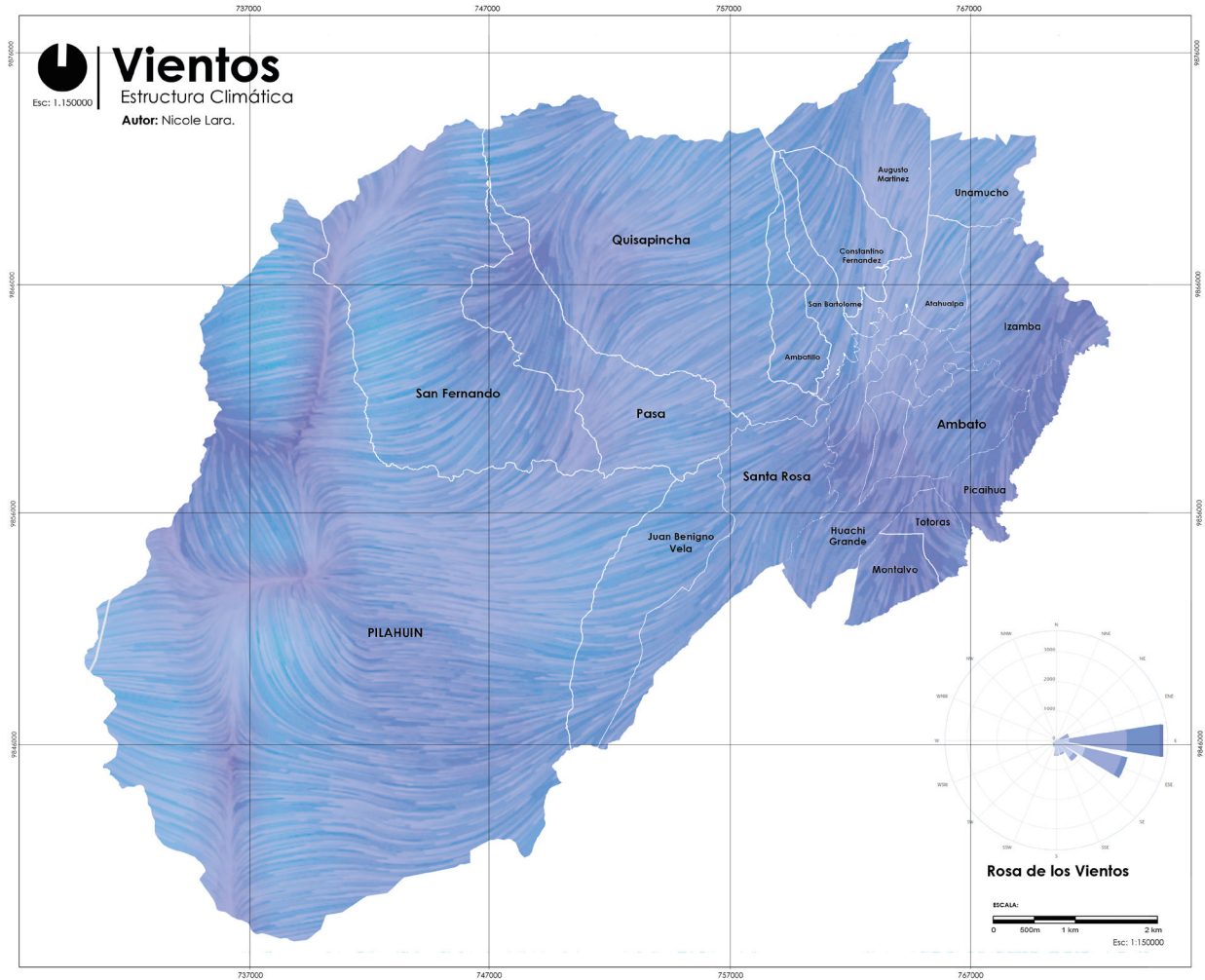


Nota: Elaboración propia.



**Figura 21.**

*Vientos Cantón Ambato*



**Nota:** Elaboración propia.

## Vientos

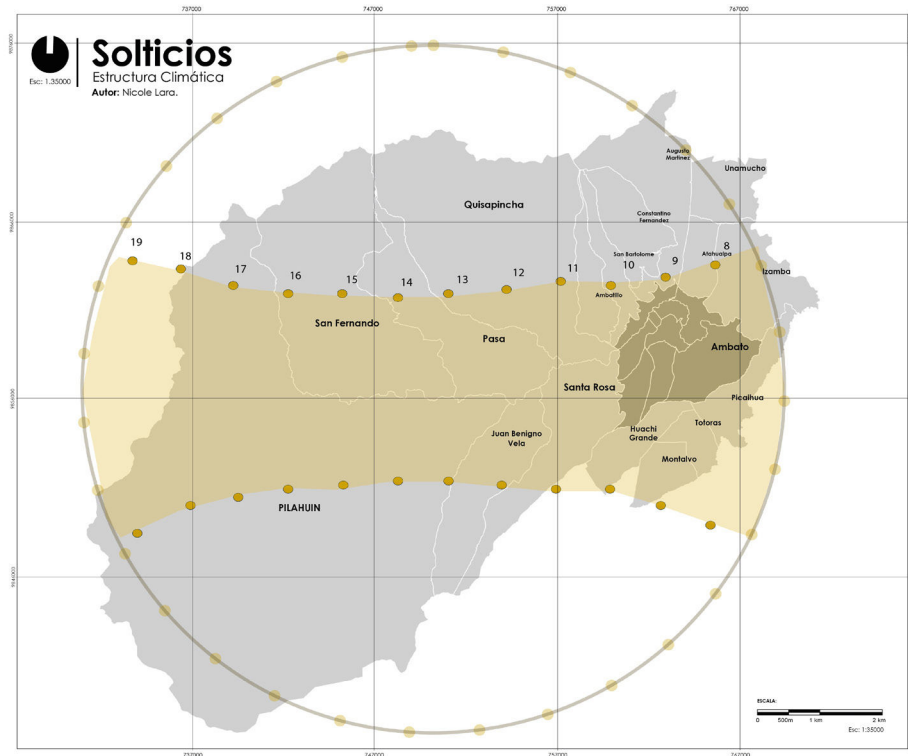
La dirección del viento de la ciudad de Ambato se presenta de suroeste a noreste y el promedio anual del viento en la ciudad en la época más ventosa de junio a septiembre se presenta un promedio de 9.7 km/h, por otro lado el viento más calmado se produce de septiembre a junio con velocidades de 6,1 km/h.

### Figura 22.

*Solsticios Cantón Ambato*

## Solsticios

Dada la ubicación geográfica de la ciudad de Ambato la duración del día en la urbe no varía de manera considerable teniendo una oscilación de 11 minutos en las 12 horas que dura el día, la respuesta al solsticio se marca en dos fechas importantes donde el día más corto es el 21 de junio y el día más largo el 21 de diciembre siendo estos los días de solsticio de invierno y verano respectivamente.



Nota: Elaboración propia.



## Estructura Geográfica Contexto Urbano

En la ciudad de Ambato para el año de 1654 se tuvo una breve zonificación planeada para ser usada por una colonia española pero no es hasta el año de 1698 que este asentamiento tuvo que ser reubicado como resultado del primer terremoto de Ambato, planeando una nueva ubicación en lo que ahora son los alrededores del parque Montalvo y

lo que hoy en día se conoce como el núcleo central de la ciudad la parroquia San Francisco la cual delimita por el norte con las riberas del río Ambato, por el sur con la parroquia La Matriz en la Av. 12 de Noviembre, por el este con la Parroquia La Merced en la calle Maldonado y por último por el oeste con la calle Juan León Mera.

### Figura 23.

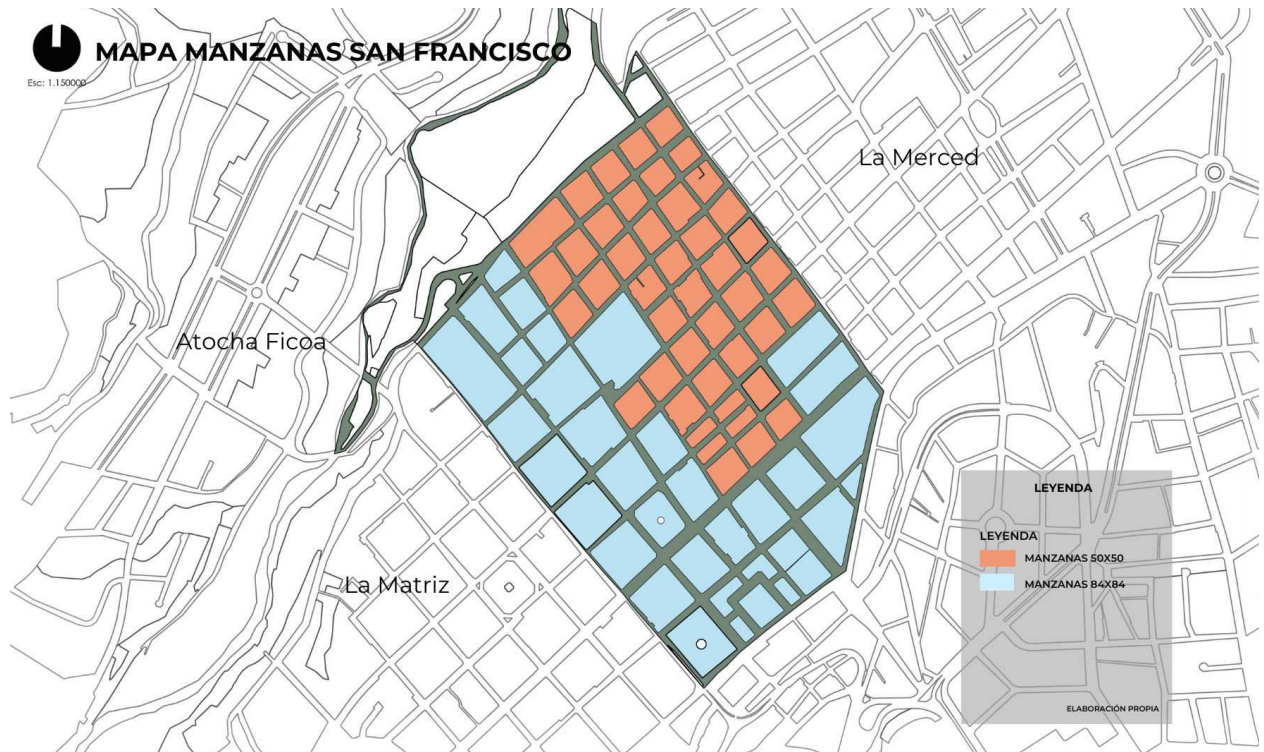
*Parroquia San Francisco*



Nota: Elaboración propia.

**Figura 24.**

*Manzanas Parroquia San Francisco*



Nota: Elaboración propia.

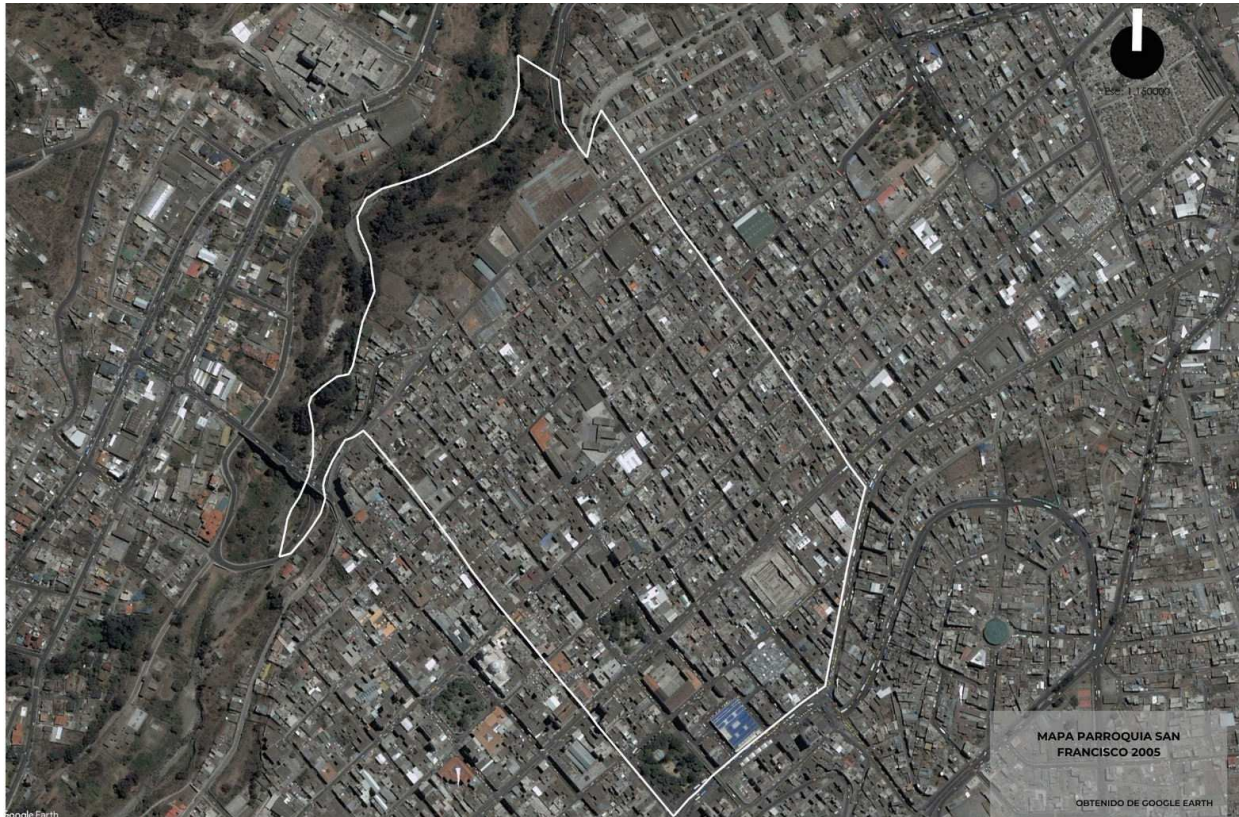
La parroquia urbana San Francisco se encuentra ubicada en la plataforma 1, se encuentra en el suelo urbano con una subclasificación del suelo como consolidado y un tratamiento de conservación por su valor histórico y cultural de sus edificaciones vernáculas que datan desde el año de 1940. Sus manzanas presentan un trazado tipo damero en su morfología urbana, las primeras manzanas se caracterizan por ser el asentamiento original del casco

central del cantón Ambato. Alrededor del parque Montalvo se ubican 52 manzanas de 84x84 m, en la periferia las dimensiones de las manzanas son más pequeñas siendo estas de 50x50 m, cabe recalcar que estas son las únicas con una morfología cuadrada en toda la ciudad, por lo que es un elemento representativo de la estructura urbana conformada históricamente (PUGS, 2021).



**Figura 25.**

*Parroquia San Francisco año 2005*



**Nota:** Adaptada de Google Earth, Elaboración propia.

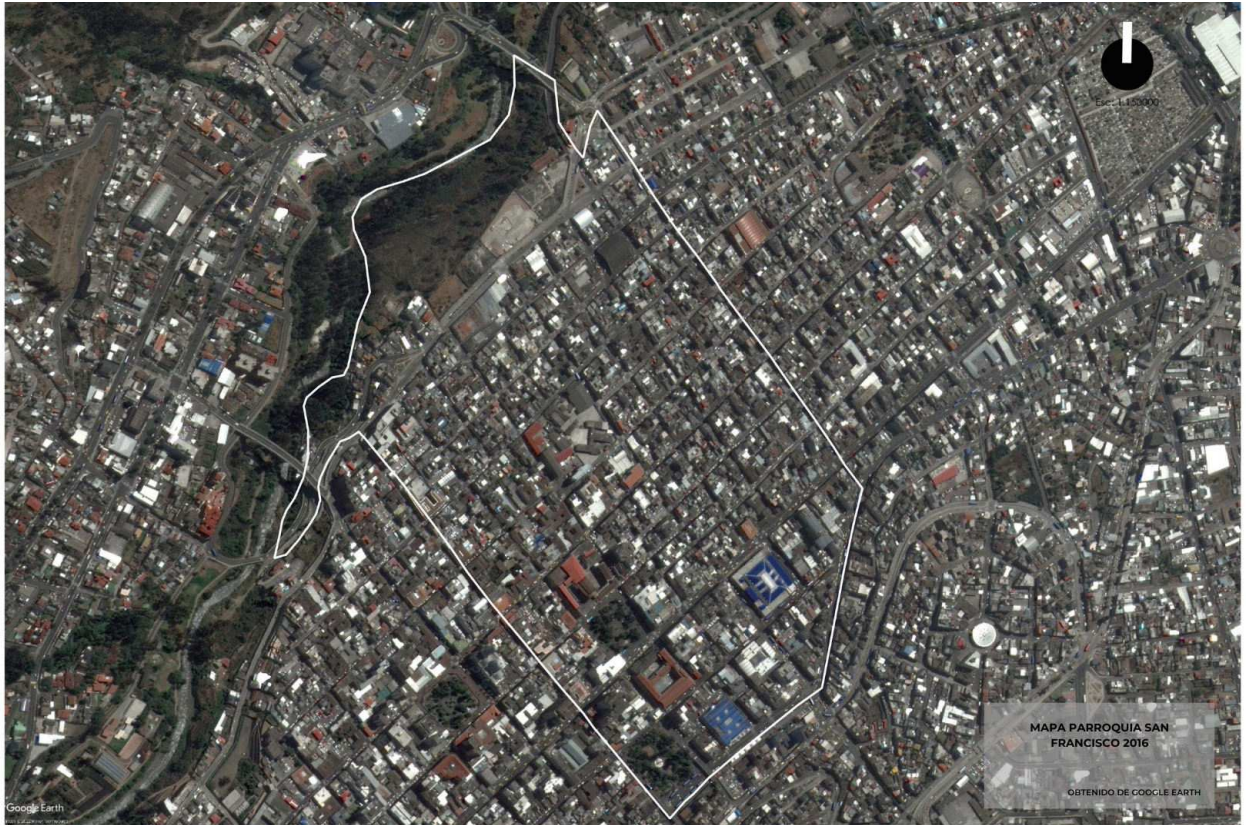
La ciudad y la población de Ambato ha ido creciendo anualmente en un 2,1%, la parroquia urbana San Francisco ha sido el núcleo central del comercio y equipamientos para la ciudad, por lo que su desarrollo urbano se ha reflejado en el crecimiento vertical que han tenido sus edificaciones como en la compacidad de los predios

presentes en la zona. Para el 2005 la plataforma 1 estaba casi consolidada en su totalidad, pero aún conservaba pequeños vacíos en sus predios donde se podía edificar, varios equipamientos como el Mercado Modelo que para el año 2005 estaba en construcción, en las riberas del río Ambato se veía poca presencia de edificaciones.



**Figura 26.**

*Parroquia San Francisco año 2016*



**Nota:** Adaptada de Google Earth, Elaboración propia.

Para el año 2016 el uso de suelo se intensifica y podemos observar como la mancha de hormigón crece y se extiende a lo largo de toda la parroquia San Francisco, además existe la presencia de más edificaciones en altura y las áreas verdes y vegetación son casi nulas a excepción de los dos parques representativos de la ciudad que son

el parque Cevallos y el parque 12 de noviembre.



**Figura 27.**

*Parroquia San Francisco en la actualidad*



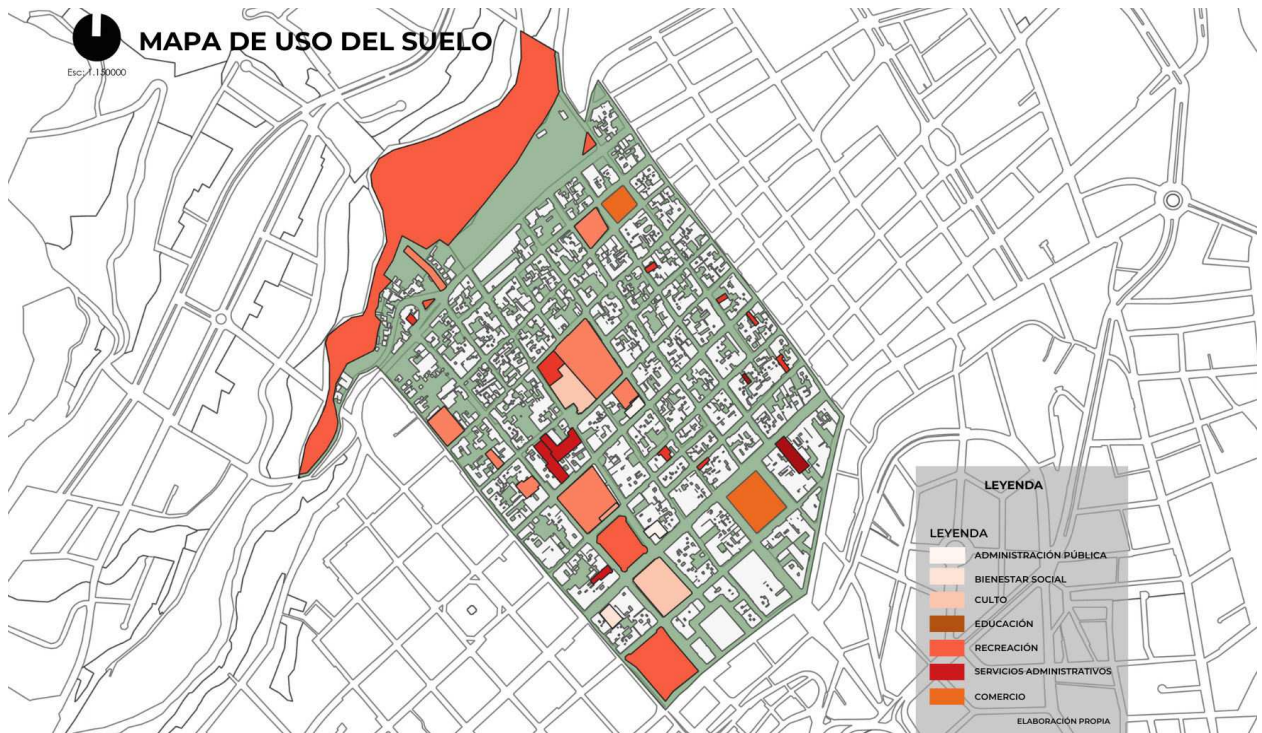
**Nota:** Adaptada de Google Earth, Elaboración propia.

En la actualidad la parroquia se encuentra totalmente consolidada y con un tratamiento de protección a sus viviendas patrimoniales, la parroquia San Francisco está densamente edificada y cuenta con la presencia de construcciones de hasta 8 pisos. Según la normativa del cantón Ambato San Francisco se encuentra en la plataforma 1 en la pieza urbana PU01

con una normativa vigente OD24-75 que permite una altura máxima de 8 pisos y 24 metros, sin retiros frontales ni laterales pero con 3 metros de retiros posteriores, un coeficiente de uso de suelo en planta baja del 75% y un coeficiente de uso total de 600%, el índice de habitabilidad es de 24 m<sup>2</sup>/hab, por último los predios de la zona pueden tener un lote mínimo de 200 m<sup>2</sup> con un frente mínimo de 8m (POT, 2005).

**Figura 28.**

*Uso del Suelo en la Parroquia San Francisco*



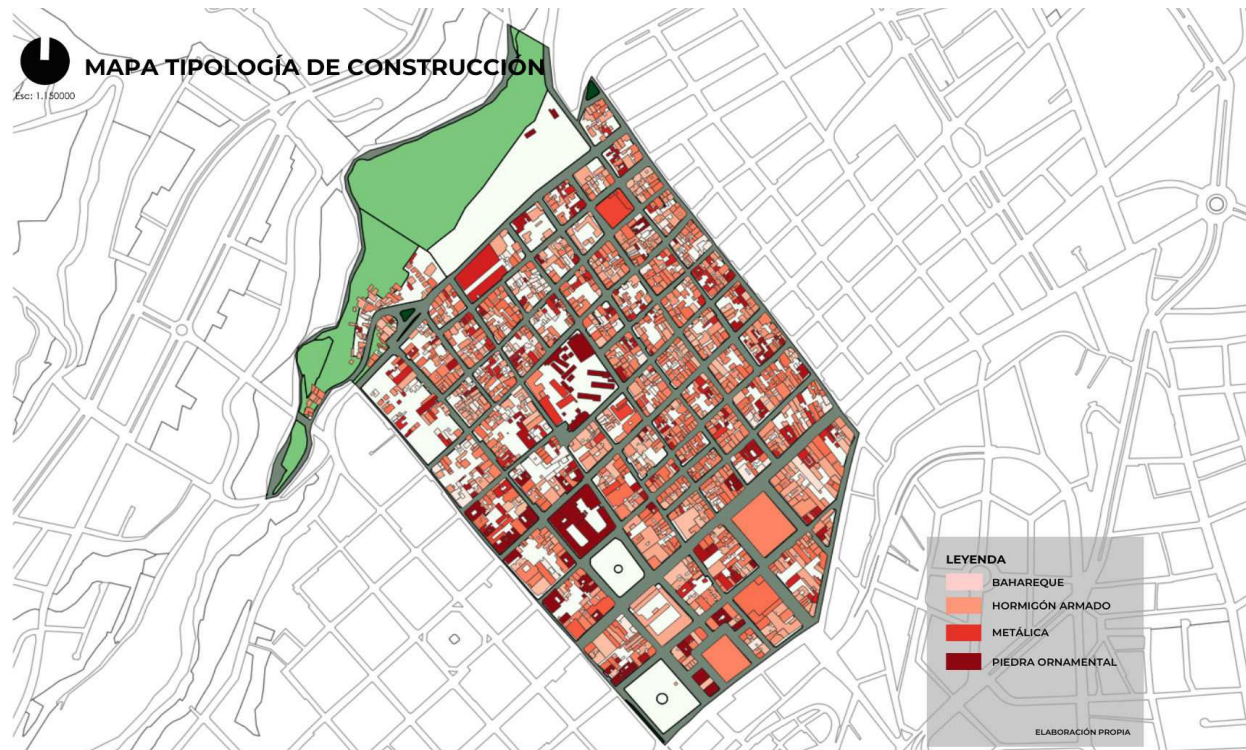
**Nota:** Elaboración propia.

El uso del suelo en la parroquia se caracteriza por ser de uso múltiple el núcleo central es una zona de comercio, equipamiento, educación, finanzas por lo que varias de sus edificaciones tienden a ser en planta baja lugares de comercio mientras que en las siguientes plantas se utilizan como viviendas, además a las riberas del río Ambato el uso del suelo se caracteriza por ser de protección natural.



**Figura 29.**

*Tipología de Construcción en la Parroquia San Francisco*



**Nota:** Elaboración propia.

La tipología de construcción de varias de las edificaciones de la parroquia es en su mayoría de hormigón armado especialmente de las edificaciones en altura, se encuentra varias edificaciones construidas en bahareque y piedra ornamental por la gran presencia de viviendas vernáculas y patrimoniales de los primeros asentamientos de la ciudad, existe a su vez grandes cubiertas de mercados y galpones que se

realizaron en estructura metálica, por lo que se concluye que las tipologías de construcción son variadas y se dan de acuerdo a las necesidades de la población y el crecimiento del centro de la ciudad tanto en su altura como en su densidad.

## Procedimiento Metodológico

Para alcanzar el objetivo específico número 1 y como parte de un primer acercamiento a la normativa vigente en el área de estudio que es la parroquia San Francisco se analiza el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) del cantón Ambato 2020 en busca de temas afines a la materialidad de cubiertas y regularizaciones que normen y estandaricen el uso de las mismas. Una vez analizada la normativa no se encuentran regulaciones con respecto a la materialidad de cubiertas, solo un apartado en el Art.59 de la sección séptima arborización urbana que nos habla sobre los criterios de alternativas apropiadas de vegetación urbana, donde menciona el tipo de vegetación recomendada para el uso en cubiertas de edificaciones (POT, 2020).

Por otra parte, se analiza la NEC-HS-EE donde si se menciona el aislamiento y reflectividad que las cubiertas deben cumplir dependiendo la zona climática en la que se encuentren, el cantón Ambato y la parroquia urbana San Francisco se encuentran ubicados en la zona climática numero 4 continental templada con un criterio térmico de  $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ , se determina los requisitos de envolvente para la zona climática 4 dependiendo de si el espacio habitable es climatizado o no climatizado y se establece su montaje máximo de acuerdo al  $U_t$  (Coeficiente global de transferencia de calor de techo) y el valor mínimo de aislamiento de acuerdo a  $R_t$  (Valor mínimo de resistencia térmica (NEC-HS-EE, 2018).

**Tabla 11.**

*Requisitos de envolvente para la zona climática 4*

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21

**Nota:** Tomado de NEC-HS-EE

Además, se menciona los requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos y cubiertas, así como la pendiente que deben tener las mismas y su reflectancia solar inicial y envejecida.

**Tabla 12.**

*Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/cubiertas*

	Pendiente	Reflectancia solar inicial	Reflectancia solar envejecida (tres años después de la instalación)
Techo/cubierta de baja pendiente	$\leq 2:12$	Igual o mayor a 0.65	Igual o mayor a 0.50
Techo/cubierta inclinada	$> 2:12$	Igual o mayor a 0.25	Igual o mayor a 0.15

**Nota:** Tomado de NEC-HS-EE

Por último, se abarca las propiedades higrótérmicas de materiales de construcción propiedades que son necesarias para el análisis térmico de edificaciones tales como la conductividad térmica (K), calor específico (Cp) y la densidad (d), parámetros que pueden ser usados en cálculos manuales o en programas de simulaciones energéticas (NEC-HS-EE, 2018).

**Tabla 13.**

*Propiedades térmicas de los materiales a partir de la revisión literaria*

Tipo de material	Material	Propiedades térmicas				Referencia	
		K [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Cp [J/kg K]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]		
Piedra	Piedra – piedra compacta	3.49	-	840	2880	[2]	
	Roca compacta	3.50	-	880	2750	[1]	
	Piedra	1.83	-	712	2200	[2]	
Hormigón	Hormigón	1.40	-	837	2220	[3]	
	Concreto de mediana densidad	1.35	-	1000	1800	[2]	
	Hormigón armado	1.63	-	1050	2400	[1]	
	Asbesto	0.36	-	1050	1500	[2]	
	Fibrocemento	0.93	-	1250	2000	[1]	
	Bloque de concreto	0.62	-	840	1040	[2]	
	Concreto muy baja densidad	0.05	-	-	305	[4]	
	Bloque de concreto	0.49	-	-	-	[4]	
	Bloque hormigón celular vapor L	0.35	-	-	600	[1]	
	Bloque hormigón celular vapor M	0.41	-	-	800	[1]	
Asbestos, hormigón, bloques de hormigón	Bloque hueco hormigón L	0.44	-	-	1000	[1]	
	Bloque hormigón celular vapor P	0.47	-	-	1000	[1]	
	Bloque hueco hormigón M	0.49	-	-	1200	[1]	
	Bloque hueco hormigón P	0.56	-	-	1400	[1]	
	Bloque hormigón ligero macizo	0.33	-	1050	1000	[1]	
	Bloque hormigón ligero	0.56	-	1050	1400	[1]	
	Lana mineral (panel)	0.042	-	1030	12	[4]	
	Lana mineral (manta/rollo)	0.038	-	1030	25	[4]	
	Poliestireno expandido (EPS)	0.04	-	1450	15	[4]	
	Poliestireno extruido (XEPS)	0.035	-	1400	40	[4]	
Materiales aislantes	Espuma de poliuretano	0.025	-	1400	30	[4]	
	Espuma de urea formaldehído (UF)	0.04	-	1400	10	[4]	
	Fibra de vidrio (panel)	0.046 a 0.048	-	800	7.5 a 8.2	[5]	
	Lana de roca o lana de escoria (panel)	0.036 a 0.037	-	800	32 a 37	[5]	
		0.033 a 0.035	-	800	45	[5]	
	Celulosa en spray para cavidades en paredes	0.039 a 0.040	-	-	26 a 42	[5]	
	Fibra de vidrio en spray para cavidades en paredes o áticos	0.039 a 0.042	-	-	16	[5]	
		0.033 a 0.037	-	-	29 a 37	[5]	
	Ladrillos, adobes	Ladrillo común	0.80	-	840	1800	[3]
		Ladrillo de sílice	1.07	-	-	1900	[3]
Ladrillo de magnesita		2.68	-	1130	2000	[2]	
Ladrillo macizo		0.87	-	1330	1800	[1]	
Ladrillo aireado		0.30	-	840	1000	[2]	
Ladrillo quemado		0.85	-	840	1500	[2]	
Ladrillo		0.75	-	880	1730	[2]	

**Nota:** Tomado de NEC-HS-EE

Es importante tener en cuenta que debido a la falta de información sobre las propiedades térmicas de materiales de construcción nacionales fue necesario generar esta información a partir de bases de datos internacionales.

Yesos	Ladrillo al cromo	2.32	-	840	3000	[3]
	Adobe	0.95	-	920	1600	[1]
	Adobe	0.58	-	850	1280	[2]
	Ladrillo hueco	0.49	-	-	1200	[1]
	Ladrillo perforado	0.76	-	-	1600	[1]
	Ladrillo silico-calcareo	0.79	-	-	1600	[1]
	Ladrillo cerámico macizo	0.87	-	-	1800	[1]
	Gypsum	0.25	-	1000	900	[2]
	Placas de escayola	0.3	-	-	800	[1]
	Mortero de yeso	0.76	-	-	1000	[3]
Madera	Placas de yeso	0.29-0.58	-	-	600-1200	[3]
	Yeso	0.81	-	837	1800	[3]
	Maderas frondosas	0.21	-	-	800	[1]
	Madera de coníferas	0.14	-	-	600	[1]
	Contrachapado	0.14	-	-	600	[1]
	Plywood 19.0 mm	0.10	-	1880	450	[2]
	Tablero de partículas de madera	0.14	-	1700	600	[2]
	Tablero aglomerado de partículas	0.08	-	-	650	[1]
	Tableros de fibra onentada - OSB	0.13	-	1700	650	[2]
	Madera de roble	0.19	-	2390	700	[2]
Plásticos	Madera	0.13	-	1381	840	[3]
	Madera de abedul	0.14	-	1884	650	[3]
	Madera de alerce	0.11	-	1298	650	[3]
	Madera de arce	0.34	-	1591	750	[3]
	Madera de chopo	0.15	-	1340	650	[3]
	Madera de fresno	0.34	-	1591	750	[3]
	Madera de haya	0.14	-	1340	800	[3]
	Madera de haya blanca	0.14	-	1340	700	[3]
	Madera de pino	0.16	-	1298	650	[3]
	Madera de pino blanco	0.11	-	1465	550	[3]
Madera de roble	0.20	-	2386	850	[3]	
Plásticos	Policarbonato	0.19-0.22	-	1200	1200	[5]
	Policarbonato alveolar		1.25 - 3.9 W/m <sup>2</sup> k			[6]

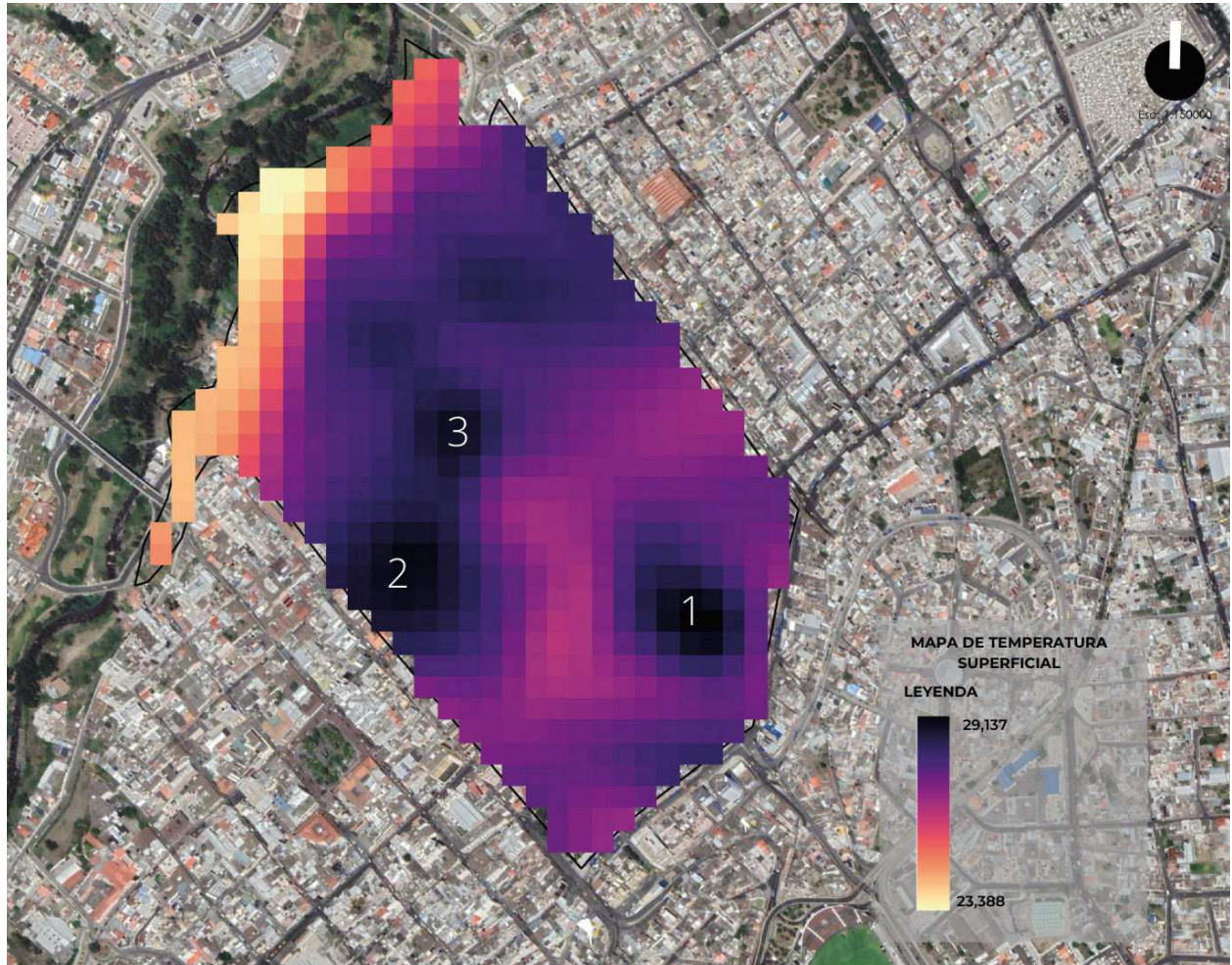
Nota:  
K es la conductividad térmica de los materiales  
Cp es el calor específico del material  
ρ es la densidad del material

El objetivo número 2 se cumple a través de la realización de un mapa de calor que representa la temperatura superficial de la parroquia, que se realiza por medio del programa de teledetección QGIS donde con el uso de una imagen ráster de LTS se colocó en la parroquia urbana y se procedió a cortar los límites de la misma para obtener los valores de temperatura superficial de la parroquia San Francisco, de este modo podemos ver que la parroquia cuenta con temperaturas que van desde 23,38 °C a 29,13 °C.



**Figura 30.**

*Temperatura Superficial en la Parroquia San Francisco*



**Nota:** La figura muestra la temperatura superficial de la Parroquia San Francisco destacando 3 zonas donde la temperatura alcanza los 29,13°C, Elaboración propia.



Tomando en cuenta que según la NTE INEN-ISO 7730 las temperaturas de suelo aceptables son de entre 19 °C a 28 °C en actividades sedentarias (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016). Se toma como muestra de análisis las zonas donde la temperatura superficial es de 29,13 °C, como se observa en la figura 30 existen 3 zonas donde se muestra este rango de temperatura dentro de la parroquia, estas serán escogidas como la muestra para analizar las características actuales

de las cubiertas de las edificaciones en cada una de las zonas y las propiedades higrótérmicas que tiene los materiales utilizados en las mismas. La primera zona se delimita entre la Av. Cevallos y la calle Eugenio Espejo, la zona 2 se ubica en la calle Martínez y por último la zona 3 se muestra entre la calle Vicente Rocafuerte y Eugenio Espejo.

### Figura 31.

*Zonas con valores de temperatura superficial mayores a 27°C Parroquia Urbana San Francisco*



**Nota:** La figura muestra las 3 zonas seleccionadas para analizar las características de cubierta y las propiedades higrótérmicas de sus materiales. Elaboración propia.

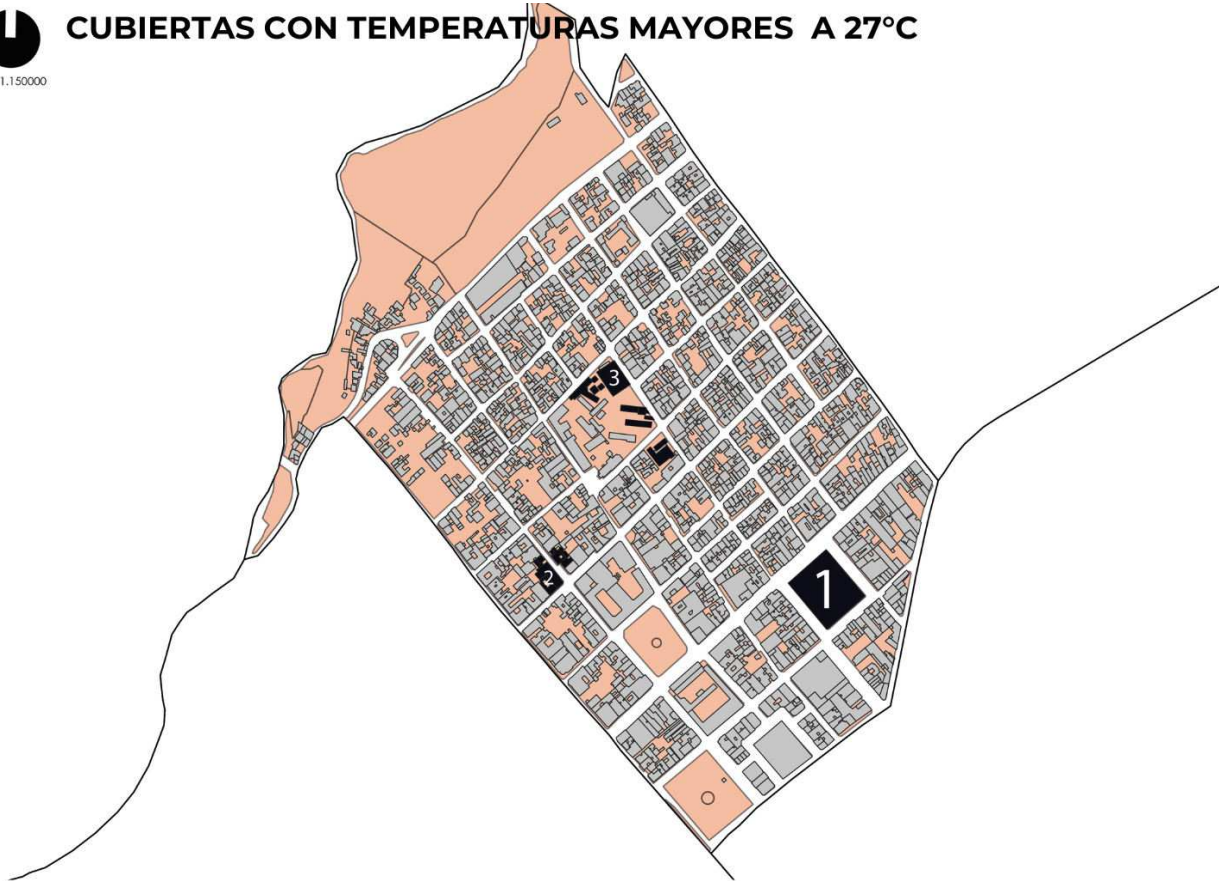
**Figura 32.**

*Cubiertas con valores de temperatura superficial mayores a 27°C Parroquia Urbana San Francisco*



Esc: 1:150000

## CUBIERTAS CON TEMPERATURAS MAYORES A 27°C



**Nota:** La figura muestra las cubiertas seleccionadas para analizar las características de cubierta y las propiedades higrótérmicas de sus materiales. Elaboración propia.



Una vez delimitadas las zonas que se analizarán, se identifican las edificaciones y cubiertas que forman parte de esta. En la zona 1 tenemos un total de 1 cubierta a analizar, en la zona 2 son un total de 6 cubiertas a analizar y por último en la zona 3 cuenta con 3 cubiertas a analizar, con un total de 10 cubiertas como muestra, considerando que todas estas presentan temperaturas que varían entre los 26 y 29 °C una temperatura superficial elevada y que se contrasta con la temperatura ambiente de la zona que presenta valores de entre 18 a 20°C.

A continuación, se muestra en la Tabla 14 como serán identificadas cada una de estas cubiertas para un posterior análisis, generando un código único conformado por la zona en la que se encuentra y el número de cubierta.

**Tabla 14.**

*Códigos de cubiertas de la Parroquia San Francisco.*

Zonas	Código de Cubierta
ZONA 1	Z1-1
ZONA 2	Z2-2
	Z2-3
	Z2-4
	Z2-5
	Z2-6
	Z2-7
ZONA 3	Z3-8
	Z3-9
	Z3-10

**Nota:** La tabla muestra los códigos de cubierta generados para la identificación y análisis posterior. Elaboración propia.

Con el fin del desarrollo el objetivo número 3 se identifica las características y propiedades higrotérmicas de los materiales en cubierta de las distintas edificaciones, con el uso de fotografías aéreas y fichas de observación en la parroquia San Francisco.

Se tomaron fotografías con la ayuda de drones de la cubierta de las edificaciones encontradas en cada una de las zonas, en la primera zona encontramos el equipamiento del Mercado Modelo con una altura de 3 pisos y un área de cubierta de 4,244 m<sup>2</sup>, su cubierta es a cuatro aguas y el material que se utiliza es un policarbonato alveolar en color azul, se estima según el mapa de temperatura superficial que tiene una temperatura de 29,13 °C, siendo este uno de los rangos más elevados presentes en la zona.

En la zona número dos ubicada en la calle Martínez encontramos 6 cubiertas que en su mayoría son viviendas con valor patrimonial y con un uso mixto, ya que la planta baja de las edificaciones se utiliza para el comercio y los pisos continuos como vivienda, las alturas varían entre 2 y hasta 5 pisos con áreas de cubierta de hasta 295 m<sup>2</sup>, el tipo de material que utilizan es variado podemos encontrar la teja colonial, el zinc, y el hormigón, se estima que su temperatura superficial varía entre los 27,7 a 28,89 °C.

La zona número tres por su parte está conformado por tres equipamientos de educación siendo así el primero el centro de desarrollo infantil Blanca Martínez, la Unidad Educativa Juan Montalvo y el polideportivo de la misma institución, estos presentan una altura de entre 2 y 4 pisos con cubiertas a 2 aguas, su materialidad es de zinc y fibrocemento y la temperatura superficial reflejada va de entre 26,01 a 28,76 °C.

Figura 33.

Zona 1

 **ZONA 1**  
Esc: 1:150000 | TEMPERATURA SUPERFICIAL



**Nota:** La figura muestra las fotografías aéreas de la cubierta seleccionada para analizar en la zona 1. Elaboración propia.



**Figura 34.**

Zona 2

 **ZONA 2**  
Esc: 1:150000 | TEMPERATURA SUPERFICIAL



**Nota:** La figura muestra las fotografías aéreas de la cubierta seleccionada para analizar en la zona 2. Elaboración propia.



**Figura 35.**

Zona 3

 **ZONA 3**  
Esc: 1:150000 | TEMPERATURA SUPERFICIAL



**Nota:** La figura muestra las fotografías aéreas de la cubierta seleccionada para analizar en la zona 1. Elaboración propia.

Se diseña además una ficha de observación y recolección de datos para el análisis de las cubiertas presentes en la parroquia San Francisco, como parte de la ubicación se coloca el lugar y número donde se realiza la ficha, al igual que las coordenadas y número de predio para una posterior localización, cuenta además con variables como la temperatura promedio y superficial de cada una de las cubiertas además de su radiancia directa. Con respecto a la edificación encontramos información como el uso y altura de la misma, mientras que de las cubiertas encontramos datos sobre el área en m<sup>2</sup>, el tipo y color de cubierta, el material que se utiliza y su estado actual, además de una simulación energética en Formit que estima el valor de radiancia anual y las horas de exposición solar que reciben las cubiertas de las edificaciones seleccionadas.

También se efectúa una ficha de observación para determinar las características y propiedades higrotérmicas de los materiales utilizados, la información que podemos encontrar en esta es la vida útil del material al igual que su antigüedad estimada según el año de instalación de la cubierta, detalles de si el material presenta daños o fisuras y una descripción breve de su estado actual. Como parte de las características de los materiales encontramos la conductividad térmica, el calor específico, la densidad, el espesor, la resistencia térmica y la emisividad de cada material. A continuación, se muestra un ejemplo de una ficha de observación realizada en la zona 1.

Figura 36.

Ficha de Observación de las características en cubierta.

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>						
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO						
Población	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.				N.º FICHA: 1	CÓDIGO: Z1-1
Elaborado por	Nicole Lara				MAPA DE UBICACIÓN	
<b>UBICACIÓN</b>			Provincia	Tungurahua	Cantón	Ambato
Parroquia	San Francisco		Ciudad	Ambato		
Calles	Av. Cevallos y Eugenio Espejo		Coordenadas	764276,9863		
Barrio	San Francisco		Predio	1		
Año de construcción de edificación	2005		Área de construcción	11.780,32		
<b>CLIMA</b>						
Estación	Solsticio de Verano		Radiación directa (W/m <sup>2</sup> )	217		
Temperatura promedio	19 °C		Temperatura ambiente	22 °C		
Temperatura superficial	29,13 °C					
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>						
Uso de edificación	Residencial	Mito				
	Comercial	Equipamiento	X			
	Otro					
Altura de edificación	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)				
	2 Pisos(6 m)	6 pisos (18m)				
	3 Pisos (9 m)	X	7 pisos (21m)			
	4 pisos (12m)	8 pisos o mas (24m)				
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>						
Área de la Cubierta	4,244 m <sup>2</sup>					
Tipo de Cubierta	Cubierta plana	Cubierta a dos aguas				
	Cubierta a un agua	Cubierta a cuatro aguas o más		X		
Tipo de material de la cubierta	Zinc	Teja				
	Hormigón	Policarbonato		X		
	Otros					
Estado del material de la cubierta	Bueno	Regular		X		
	Malo					
Color de la cubierta	Azul					
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>						
Arborización	Si	No		X		
Descripción	Imagen vegetación					
Vegetación	Si					
	No	X				
Tipo						
Sombra proyectada sobre cubierta	Por edificaciones aledañas					
	Vegetación Presente					
	No existe	X				
Sombra a futuro	Si					
	No	X				
Horas de sombra	4pm-6pm					
Horas de exposición solar	6 horas					
Valor de Radiación Anual	2076 kWh/m <sup>2</sup>					
Aprobada por:						

Nota: Elaboración propia.



**Figura 37.**

*Ficha de Observación de las características y propiedades higrotérmicas de los materiales en cubierta*



## UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA

---

TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO

---

**IMAGEN**



**DETALLE CONSTRUCTIVO**



---

<b>Descripción del material</b>	Teja	<b>MODELO</b>	Teja Colonial
<b>Estado de material en cubierta</b>	El material presenta desgaste y cobertura vegetal en la teja.	<b>El material presenta daños y fisuras</b>	El material presenta daños en la teja por lo que se realizó un cambio de cubierta a zinc.
<b>Vida útil del material</b>	50 años.		
<b>Antigüedad del material</b>	82 años	<b>Color de cubierta</b>	Roja

PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS

<b>Conductividad Térmica</b>	1	W/mK	<b>Vegetación</b>	Liquenes	
<b>Calor Específico</b>	1217	J/kg K		Musgo	x
<b>Densidad</b>	2000	kg/m3	<b>Imagen de vegetación:</b>		
<b>Espesor</b>	6	mm			
<b>Resistencia Térmica</b>	0,01	m2K/W			
<b>Emisividad</b>	0,91	kgCo2/kg			
<b>Aprobada por:</b>					

**Nota:** Elaboración propia.

Una vez definidas las zonas de estudio y las cubiertas en edificaciones con temperaturas superficiales mayores a valores de aproximadamente 29°, se procedió a la recolección de datos y fotografías en campo por medio de las fichas de observación, se sistematizó la información y las variables obtenidas y se presenta a continuación una tabla resumen de los datos obtenido en las fichas de observación después del análisis de las 10 cubiertas seleccionadas como muestras.

**Tabla 15.**

*Tabla resumen de los datos obtenidos en las fichas de observación en las cubiertas de la Parroquia San Francisco.*

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>															
TEMA: TABLA RESUMEN DE FICHAS DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO															
Población		Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.													
Elaborado por		Nicole Lara													
		Edificación			Cubierta					Propiedades					
Zonas	Código de Cubierta	Año de construcción de edificación	Uso de edificación	Altura de edificación	Tipo de Cubierta	Tipo de material de la cubierta	Color de la cubierta	Estado del material de la cubierta	Área de la Cubierta	Temperatura ambiente	Temperatura superficial	Valor de Radiancia Anual			
ZONA 1	Z1-1	2005	Equipamiento	3	Cubierta a cuatro aguas o más	Policarbonato	Azul	Regular	4,244	22	°C	29,13	°C	2076	kwh/m2
	Z2-2	1940	Mixto	2	Cubierta a cuatro aguas o más	Teja	Terracota	Regular	168	18	°C	27,75	°C	2041	kwh/m2
	Z2-3	1940	Mixto	2	Cubierta a dos aguas	Zinc	Gris-Oxidado	Malo	54	18	°C	28,89	°C	1978	kwh/m2
ZONA 2	Z2-4	1998	Mixto	5	Cubierta plana	Hormigón	Gris	Regular	104	18	°C	27,7	°C	2016	kwh/m2
	Z2-5	1938	Comercial	2	Cubierta a dos aguas	Zinc	Gris-Oxidado	Regular	295	18	°C	28,61	°C	1914	kwh/m2
	Z2-6	1930	Mixto	2	Cubierta a dos aguas	Teja	Terracota Oscura	Malo	210	18	°C	26,69	°C	1829	kwh/m2
	Z2-7	2003	Comercial	3	Cubierta plana	Hormigón	Gris Oscuro	Regular	59,3	18	°C	27,94	°C	2036	kwh/m2
ZONA 3	Z3-8	2017	Equipamiento	1	Cubierta a dos aguas	Zinc	Gris	Bueno	737	20	°C	26,01	°C	2032	kwh/m2
	Z3-9	1974	Equipamiento	2	Cubierta a dos aguas	Zinc	Gris	Regular	1,247	20	°C	28,65	°C	1979	kwh/m2
	Z3-10	1993	Equipamiento	4	Cubierta a dos aguas	Fibrocemento	Gris Oscuro	Malo	1,036	20	°C	28,76	°C	1912	kwh/m2

**Nota:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV

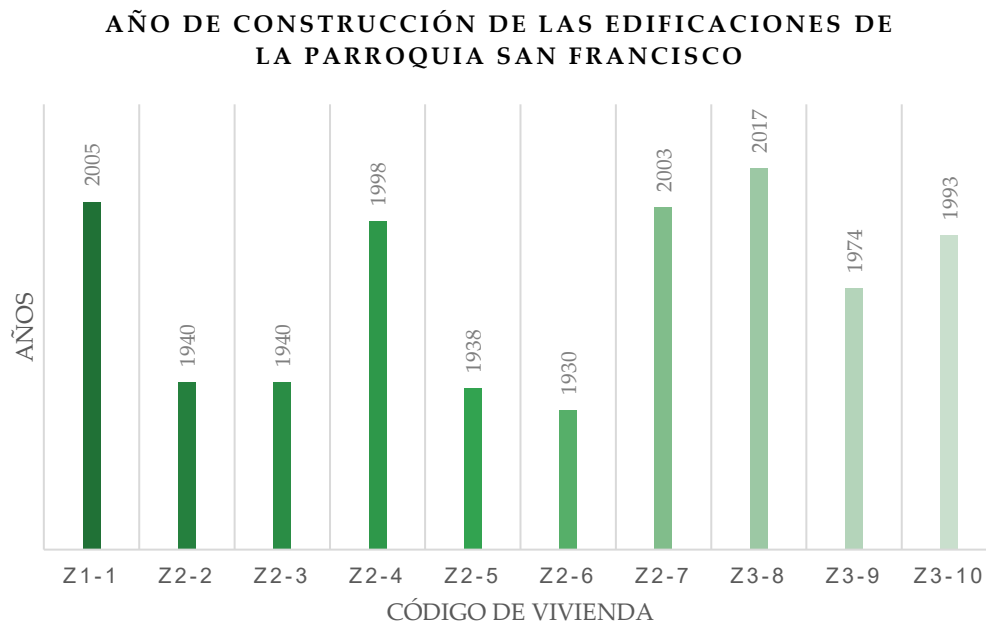
### Análisis e interpretación de resultados

Para lograr comprender las variables de temperatura superficial presente en las cubiertas de la parroquia San Francisco se analiza los datos teniendo en cuenta cada una de las características y variables presentes en las edificaciones como en la materialidad de sus cubiertas.

Se recolectaron datos sobre el año de construcción de las 10 edificaciones seleccionadas y analizadas mostrando como resultado en la zona 1 tenemos al Mercado Modelo que después de una remodelación termina su construcción en el año 2005 por otra parte en la zona 2 existen algunas viviendas que son edificios patrimoniales del núcleo central que datan del año de 1930 a 1940, entre las edificaciones más nuevas encontramos las ubicadas en la zona 3 sobre todo el centro de desarrollo infantil Blanca Martínez que terminó su construcción en el año 2017.

#### Gráfico 1.

*Año de construcción de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco .*

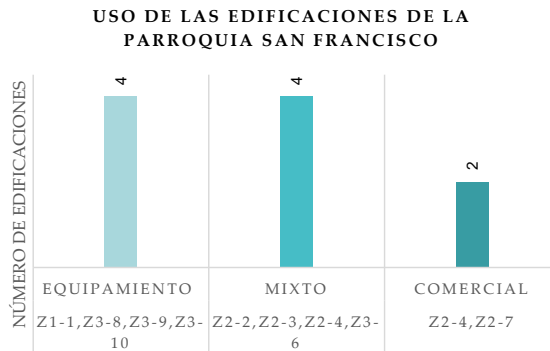


**Nota:** Elaboración propia.

Del total de edificaciones analizadas se encontró que 4 tienen un uso como equipamientos ya sean centros de comercio o instituciones educativas, 4 con un uso mixto combinando el comercio con la vivienda una tipología de uso de suelo muy común dentro de los límites urbanos de la parroquia, y por último 2 edificaciones con uso comercial.

**Gráfico 2.**

*Uso de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*



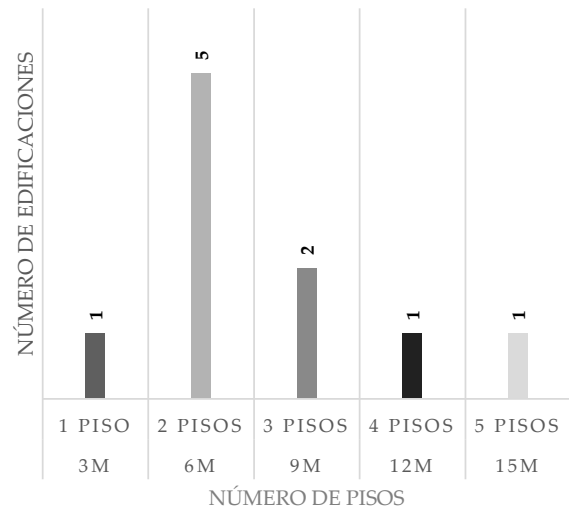
**Nota:** Elaboración propia.

Otra variable que se analizó dentro de las características de las edificaciones fue su altura gracias a la normativa en el núcleo central plataforma 1 en la pieza urbana PU01 con una normativa vigente OD24-75 que permite una altura máxima de 8 pisos y 24 metros, alturas no permitidas en otras zonas de la ciudad. En el lugar de estudio la mayor parte de edificaciones cuentan con una altura de 2 pisos, y la edificación más alta analizada cuenta con 15m de altura con 5 pisos.

**Gráfico 3.**

*Altura de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*

**ALTURA DE LAS EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA SAN FRANCISCO**

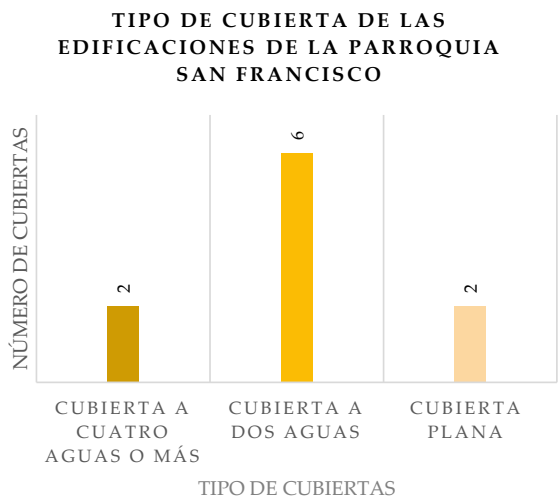


**Nota:** Elaboración propia.

El tipo de cubierta en las edificaciones es una variable determinante en la incidencia de temperatura superficial, 6 de 10 cubiertas presentaron una tipología a dos aguas, 2 edificaciones una cubierta plana y 2 cubiertas un tipo de cubierta a más de cuatro aguas.

**Gráfico 4.**

Tipo de cubierta de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.

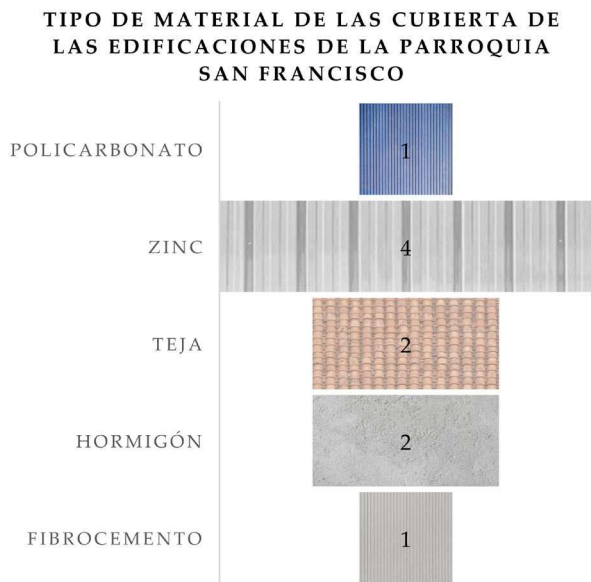


**Nota:** Elaboración propia.

Por otra parte, se analiza el tipo de material utilizado en cubierta dando como resultado que de 10 edificaciones 4 utilizan el zinc como material para cubierta, 2 la teja colonial, 2 el hormigón, 1 el policarbonato y 1 el fibrocemento, la utilización de materiales es diversa pero el material que más se utiliza es el zinc.

**Gráfico 5.**

Tipo de material utilizado en cubierta de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco .

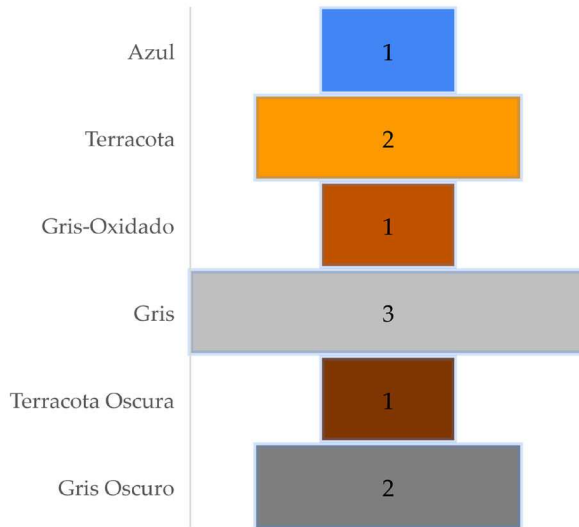


**Nota:** Elaboración propia.

**Gráfico 6.**

Color de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.

**COLOR DE LAS CUBIERTA DE LAS EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA SAN FRANCISCO**

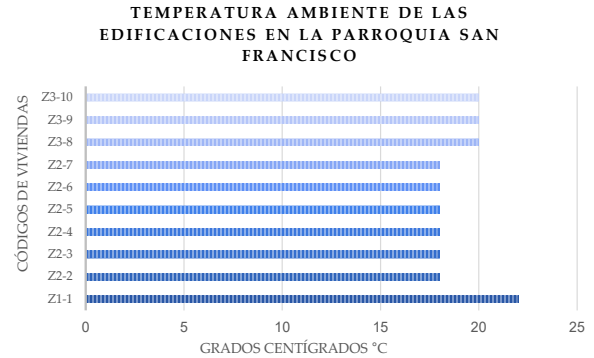


**Nota:** Elaboración propia.

Una vez recopilada la información la cubierta que presenta la temperatura ambiente y superficial mas elevada en la parroquia San Francisco es la cubierta Z1-1 del equipamiento del mercado modelo ubicado en la zona 1 del sitio de análisis alcanzando valores de hasta 29,16 °C, otra de las cubiertas que presenta elevadas temperaturas en la cubierta Z3-10 equipamiento de la unidad educativa Juan Montalvo.

**Gráfico 7.**

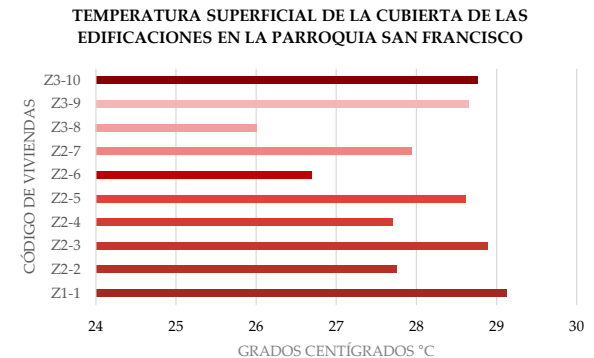
Temperatura ambiente de las edificaciones en la Parroquia San Francisco



**Nota:** Elaboración propia.

**Gráfico 8.**

Temperatura superficial de la cubierta de las edificaciones en la Parroquia San Francisco



**Nota:** Elaboración propia.

Para comprender la incidencia del material en las cubiertas de las edificaciones de la parroquia se genera la comparación entre la temperatura superficial tomada el Agosto del 2021 y la temperatura ambiente tomada en el mismo mes de cada una de las cubiertas, dando como resultado que todas las cubiertas sobrepasan los 27 °C de temperatura superficial, tomando en cuenta que según la NTE INEN-ISO 7730 las temperaturas de suelo aceptables son de entre 19 °C a 28 °C en

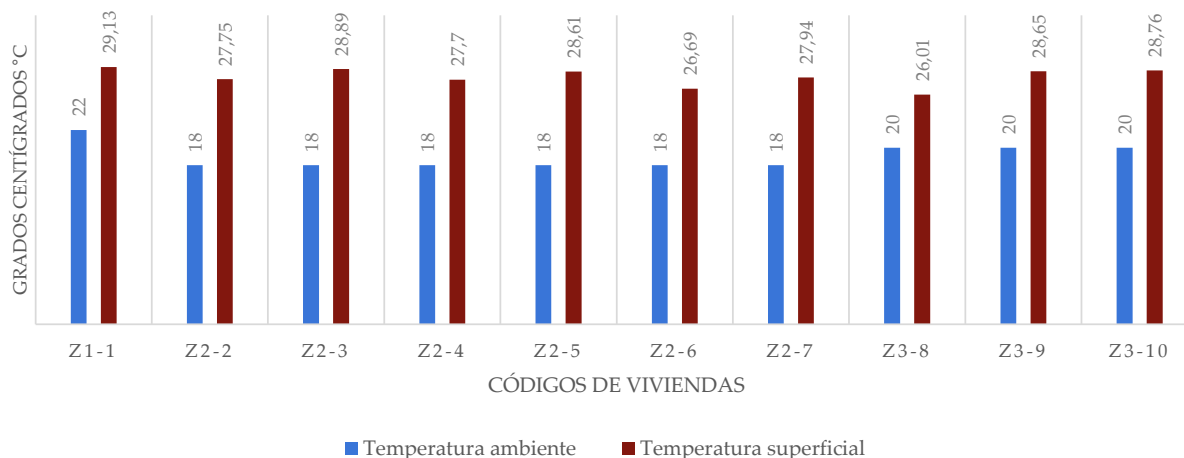
actividades sedentarias (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016). Muchas de las cubiertas tienen temperaturas entre 26 y 29,13 °C lo que generaría un disconfort en la temperatura ambiente de las zonas.

A continuación, se presenta una comparación de la temperatura ambiente y la temperatura superficial, mostrando como esta se incrementa en todas las edificaciones debido a distintas variables que se analizarán a continuación.

### Gráfico 9.

Comparación entre la temperatura ambiente y la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.

#### COMPARACIÓN ENTRE TEMPERATURA AMBIENTE Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA CUBIERTA DE LAS EDIFICACIONES EN LA PARROQUIA SAN FRANCISCO



Nota: Elaboración propia.



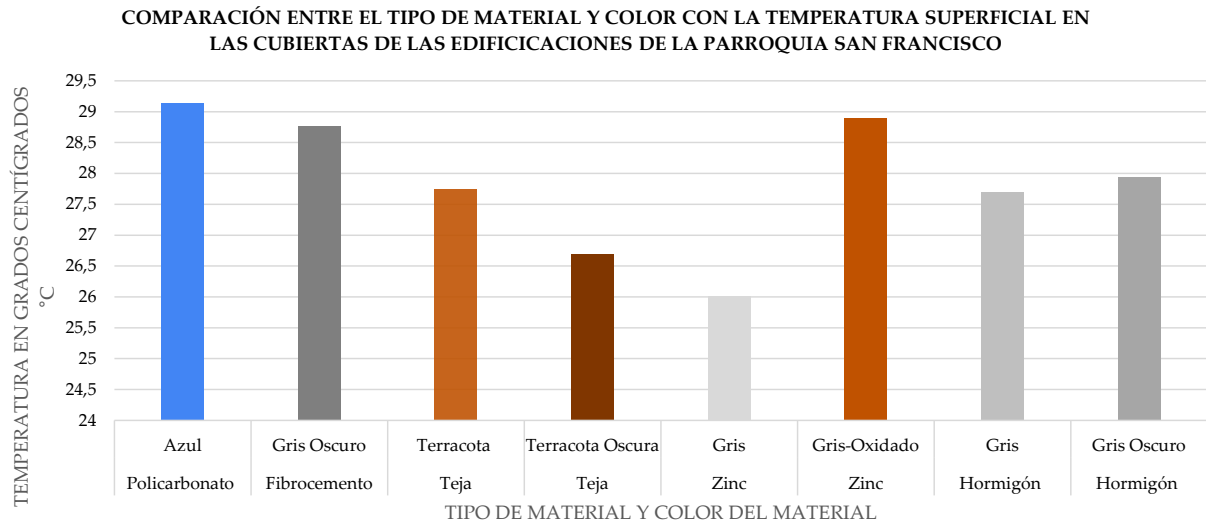
Para comprender la influencia del tipo de material y color con el aumento de la temperatura superficial en las cubiertas analizadas se realiza la comparación entre estas variables, dando como resultado que el color azul en el fibrocemento es el que mayor temperatura superficial emana ya que el color influye directamente en los valores de reflectancia y emisividad del material. A continuación se observa que el gris oxidado presenta una temperatura superficial elevada esto se debe al estado en el que se encuentra el material en este caso el zinc, el cual por diferentes factores de exposición solar y climáticos

ha envejecido y ha disminuido su capacidad reflectiva en un 30% (N. Alchapar & Correa, 2015).

Otro de los materiales que presenta valores térmicos elevados es el fibrocemento en un color gris oscuro que también tiene una alta conductividad térmica y valores de emisividad altos, el material con menor temperatura superficial es el zinc en color gris esta variación se debe a que es un material relativamente nuevo y sus propiedades higrótérmicas no han sufrido un envejecimiento, por último vemos que el material que presenta temperaturas casi similares a pesar del envejecimiento es la teja en colores terracota.

#### Gráfico 10.

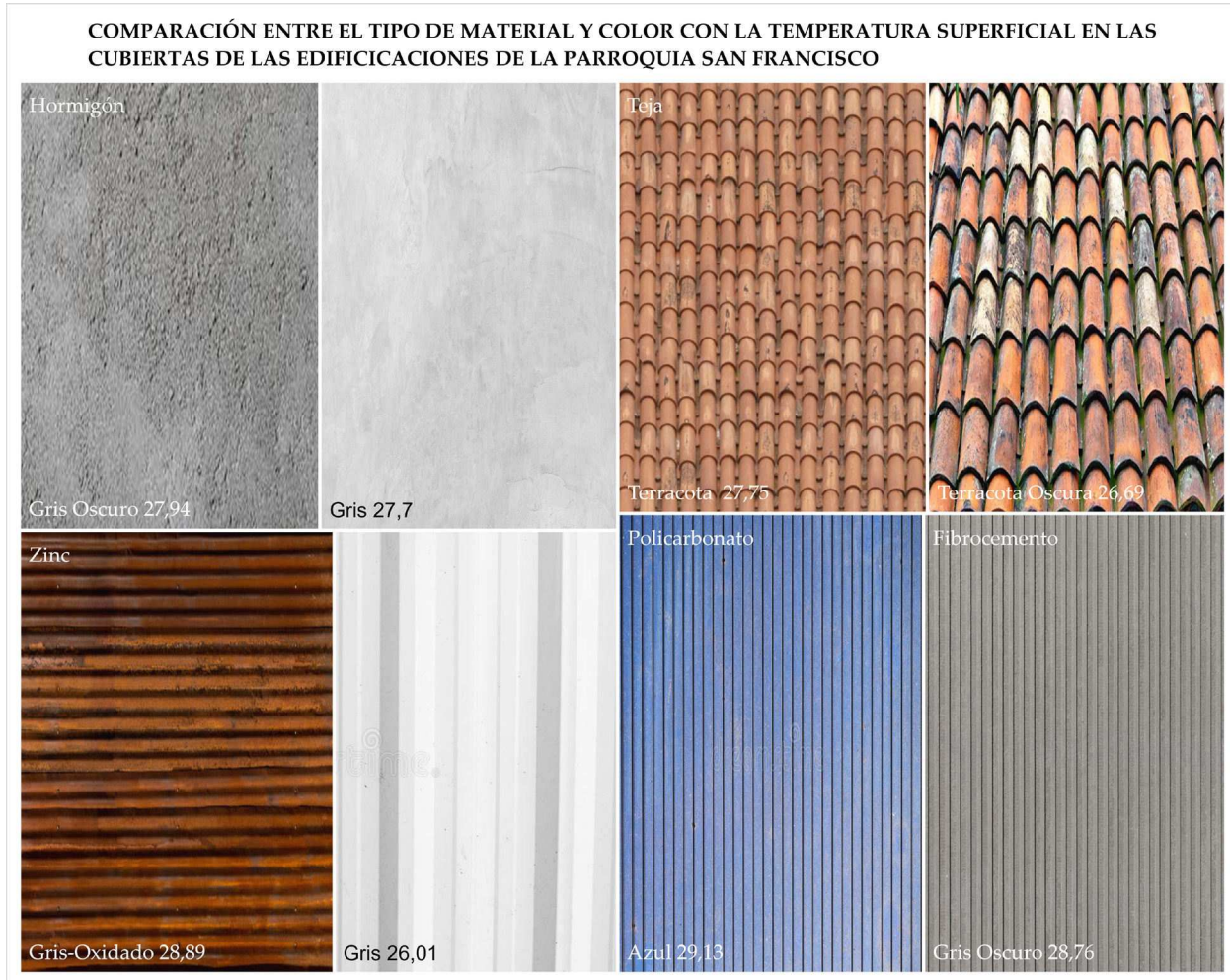
Comparación entre el tipo de material y color con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco



**Nota:** Elaboración propia.

**Gráfico 11.**

Comparación entre el tipo de material y color con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.



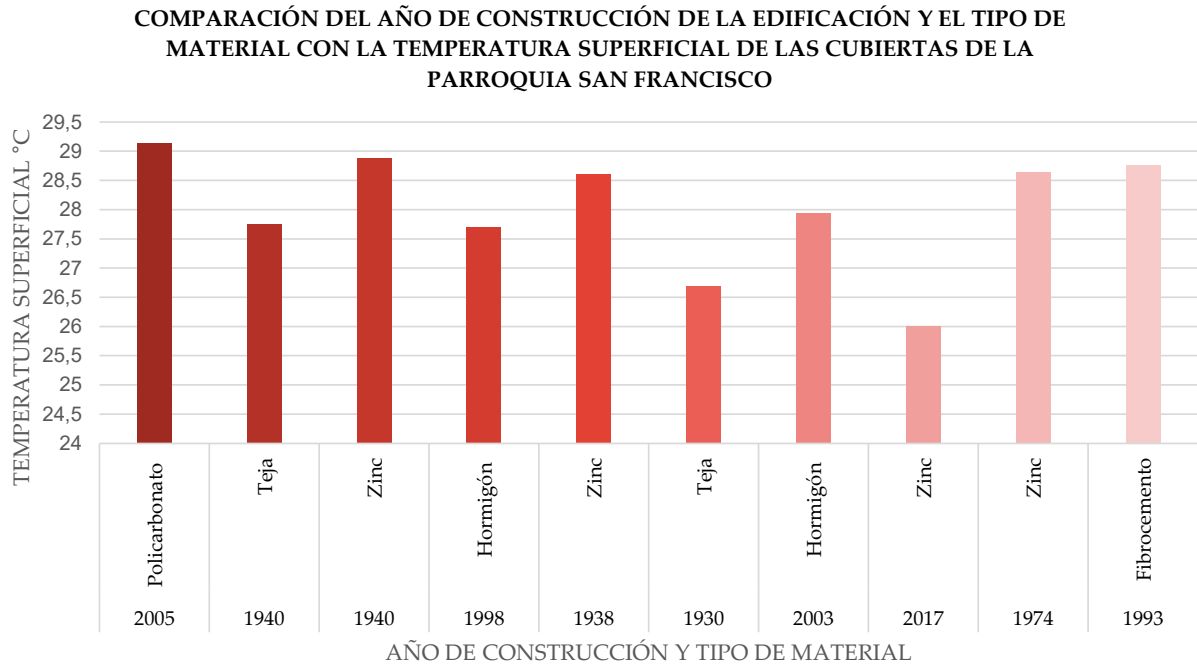
**Nota:** Elaboración propia.

El envejecimiento de los materiales es un factor que incide en el índice de reflectancia solar ya que su capacidad reflectiva disminuye hasta en un 30% luego de 3 años de su instalación. Se realiza el análisis de los materiales comparando el año de construcción y el tipo de material con su temperatura superficial.

Como resultado se obtiene que materiales como el policarbonato luego de 17 años puede tener una temperatura superficial de hasta 29,13 °C, el zinc relativamente nuevo puede tener valores de 26 °C mientras que el zinc que presenta oxidaciones y varios años de instalación presenta valores de 28,5 °C.

**Gráfico 12.**

*Comparación del año de construcción de la edificación y el tipo de material con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*



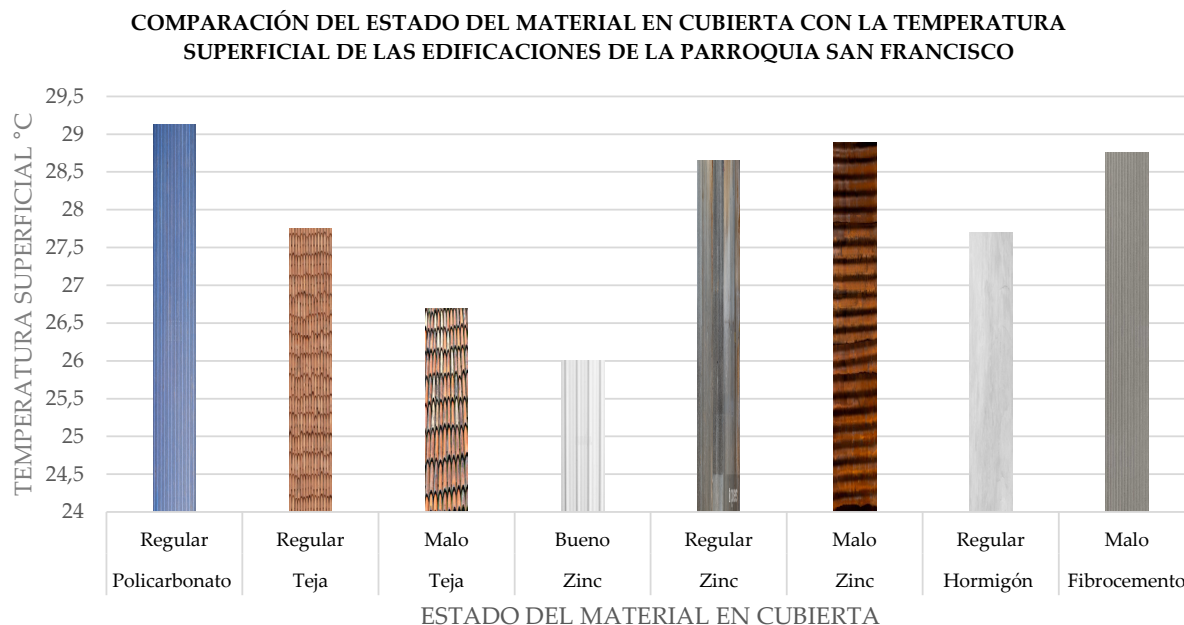
**Nota:** Elaboración propia.

El estado del material es otra variable que se comparó con la temperatura superficial que presentaban las cubiertas, concluyendo que entre peor sea el estado del material y no tenga un mantenimiento adecuado la temperatura superficial aumenta, podemos ver como el zinc oxidado presenta temperaturas de hasta 28,5 °C más elevada que las del zinc en un estado bueno con 26,01 °C , la teja en un estado regular presenta una temperatura superior al de la teja en estado malo esto se debe

a que esta última cuenta una cobertura vegetal en sus uniones, consecuencia de la humedad y la falta de mantenimiento, por lo que la presencia de vegetación disminuye su temperatura superficial y muestra la importancia de las coberturas vegetales en las temperaturas urbanas.

**Gráfico 13.**

*Comparación el estado del material con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*



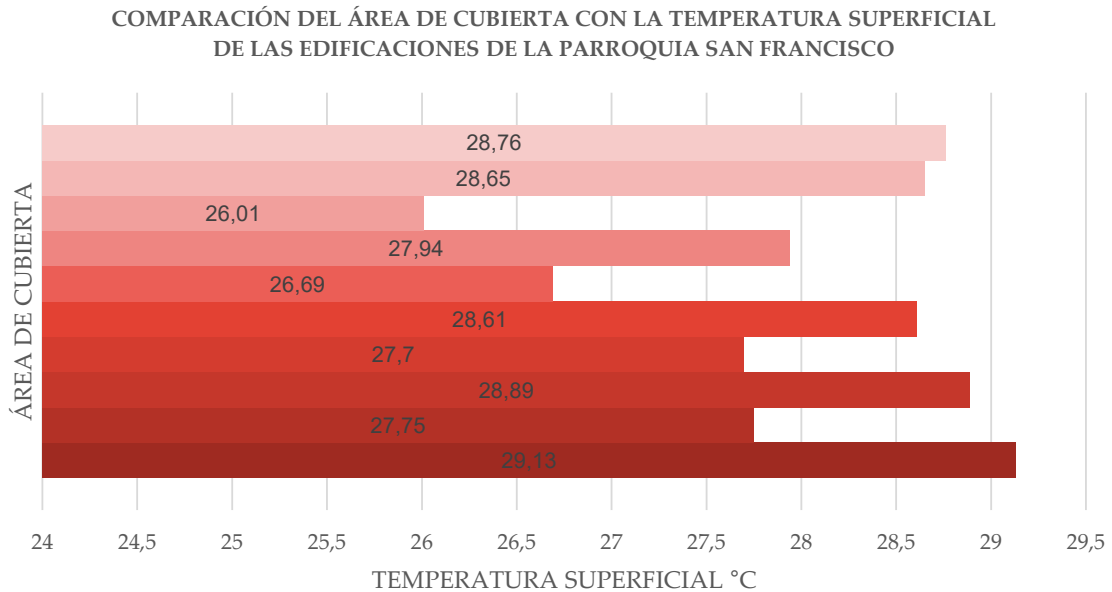
**Nota:** Elaboración propia.

Por último se tomó en cuenta el área en m<sup>2</sup> de cada cubierta, ya que dependiendo del tamaño de las distintas superficies el valor de la temperatura superficial se incrementa, en la zona 1 la cubierta de policarbonato azul colocada en el equipamiento del mercado modelo se estima que tiene 4,244 m<sup>2</sup> lo que la hace una gran superficie expuesta la radiación directa de la luz solar y en consecuencia su temperatura superficial tiene un valor de 29,13 °C, por otra parte el zinc un material que tiene una reflectancia solar superior a la del policarbonato

presenta valores de temperatura superficial de 28,89 °C esto se debe a que la cubierta con este material cuenta con tan solo 54 m<sup>2</sup>. Según el análisis y comparación 5 de cada 10 cubiertas presentan valores superiores a 28 °C.

**Gráfico 14.**

*Comparación del área de cubierta con la temperatura superficial de las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco*



**Nota:** Elaboración propia.



Para comprender el comportamiento de los materiales y sus propiedades higrotérmicas se realizó datos comparativos entre materiales como el zinc, el hormigón, la teja y el policarbonato alveolar tomando sus valores de conductividad térmica, calor específico, densidad, espesor, resistencia térmica y emisividad, se analizó cuales tenían un mejor comportamiento a la presencia de radiación solar.

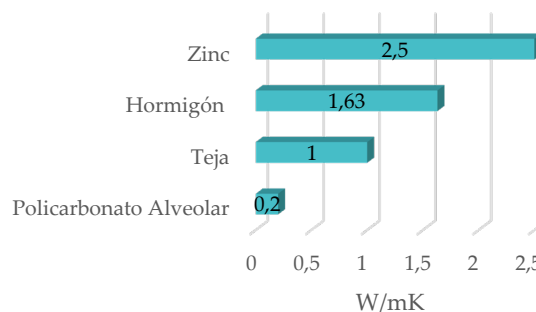
Tomando los datos de conductividad térmica que se define como la capacidad de transmisión de calor por parte de los materiales, se concluye que el zinc es el material que mayor conductividad térmica presenta con 2,5 W/mk, otro de los materiales analizados fue el policarbonato el cual presenta uno de los valores más bajos de conductividad térmica con 0,2 W/mk. Según la NEC-HS-EE se determina valores mínimos de aislamiento y reflectividad que las cubiertas deben cumplir dependiendo la zona climática en la que se encuentren, en este caso el sitio de estudio se encuentra en la zona climática 4, donde para espacios habitables no climatizados muestra que el coeficiente de transferencia de calor debería tener un valor mínimo 2,9 m<sup>2</sup>K/W, por lo que ningún material utilizado en cubierta cumple con los requerimientos mínimos según la NEC-HS-EE.

Por otra parte, el material que presenta el mayor calor específico, es el zinc con 7,200 J/kg K siendo este un material que absorbe una gran cantidad de calor y aumenta la temperatura superficial, entre los materiales con menor calor específico encontramos el hormigón y el policarbonato alveolar.

#### Gráfico 15.

Conductividad térmica de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.

#### CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

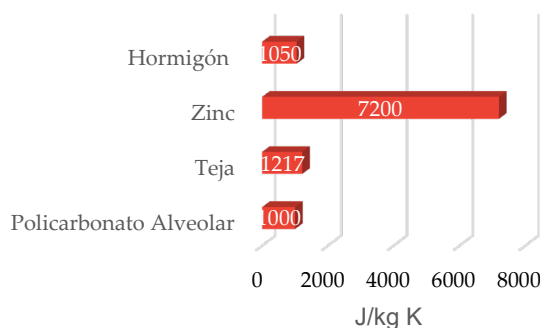


Nota: Elaboración propia.

#### Gráfico 16.

Calor específico de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.

#### CALOR ESPECÍFICO

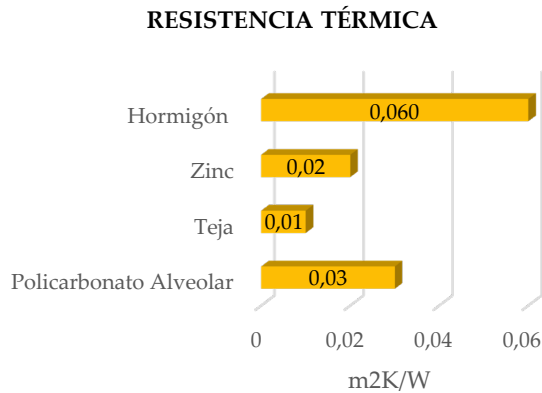


Nota: Elaboración propia.

La resistencia térmica que se define como la capacidad de los materiales a oponerse al flujo de temperatura, muestra que el hormigón tiene una resistencia térmica del 0,060 m<sup>2</sup>K/W, y la teja es el material con menor resistencia térmica con 0,01 m<sup>2</sup>K/W. Teniendo en cuenta que a mayor resistencia térmica el aislamiento mejora, y comparándolos con los valores mínimos planteados por la NEC-HS-EE que son 0,89 m<sup>2</sup>K/W se determina que los materiales no cumplen la resistencia térmica adecuada para la zona climática en la que se encuentran instalados.

**Gráfico 17.**

*Resistencia térmica de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*

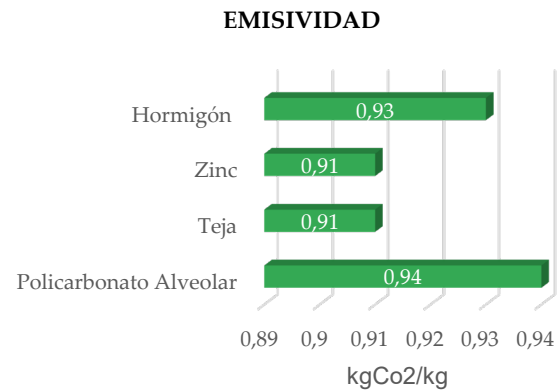


**Nota:** Elaboración propia.

Por último, analizando la cantidad de radiación que emiten los materiales se analiza la emisividad de los mismos dando como resultado que el material con mayor emisividad es el policarbonato con valores 0,94, al hormigón con un 0,93 y la teja y el zinc comparten valores de 0,91 por lo que se concluye que todos los materiales emiten una gran cantidad de radiación lo que incrementa las temperaturas urbanas e influye en la formación de fenómenos térmicos como las islas de calor urbanas.

**Gráfico 18.**

*Resistencia térmica de los materiales utilizados en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco.*

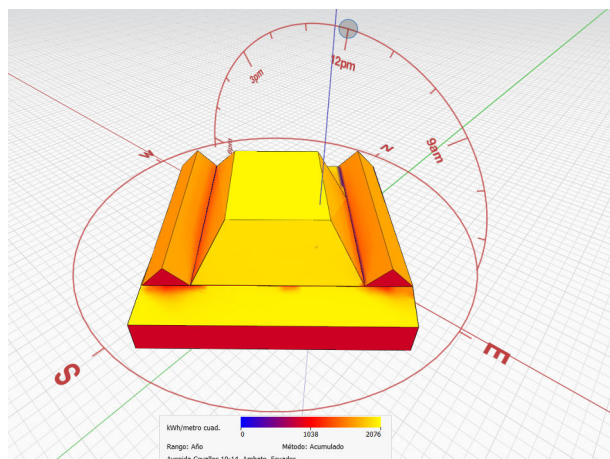


**Nota:** Elaboración propia.

Como parte del objetivo 4 se busca determinar estrategias de mitigación y adaptación para la materialidad de las cubiertas en las edificaciones en la parroquia San Francisco ante el fenómeno térmico de la isla de calor urbana, y se considera utilizar el alto potencial fotovoltaico del Ecuador ya que el país posee un gran recurso solar inagotable gracias a su ubicación geográfica en la línea ecuatorial dispone de calor del sol los 365 días del año con una radiación promedio de 32 kWh al día y alrededor de 4200 kWh al año (Entretenidos Ec, 2021b). Por lo que por medio del software Formit se simula características termo energéticas en las edificaciones seleccionadas para obtener el valor de radiancia anual que reciben sus cubiertas.

**Figura 38.**

*Gráfico de simulación termo energética realizada en Formit*



**Nota:** El gráfico muestra el valor de radiación anual acumulada en la cubierta de la edificación en la parroquia San Francisco. Elaboración propia.

Se busca determinar el potencial fotovoltaico de cada una de las edificaciones, tomando en cuenta distintas variables como la radiación solar anual acumulada que incide en la cubierta, el área y eficiencia de los paneles disponibles en el mercado ecuatoriano, la eficiencia del convertidor que permita transformar la radiación del sol en electricidad por medio de los paneles fotovoltaicos y la capacidad máxima de potencial que puede generar el panel. Se calcula el rendimiento anual de los paneles A través de la ecuación:  $\text{Rendimiento} = (\text{radiación solar kWh/m}^2) * (\text{área del panel m}^2) * (\text{eficiencia del panel \%}) * (\text{eficiencia del convertidor \%})$ . A continuación, se multiplica el área del panel con el área destinada en cubierta para la implementación de paneles fotovoltaicos para determinar cuántos paneles se podría instalar en la cubierta de las edificaciones seleccionadas en la parroquia San Francisco con un alto valor de radiancia anual. Para conocer el rendimiento de la cubierta con paneles fotovoltaicos instalados en la misma se multiplica el rendimiento por el número de paneles.

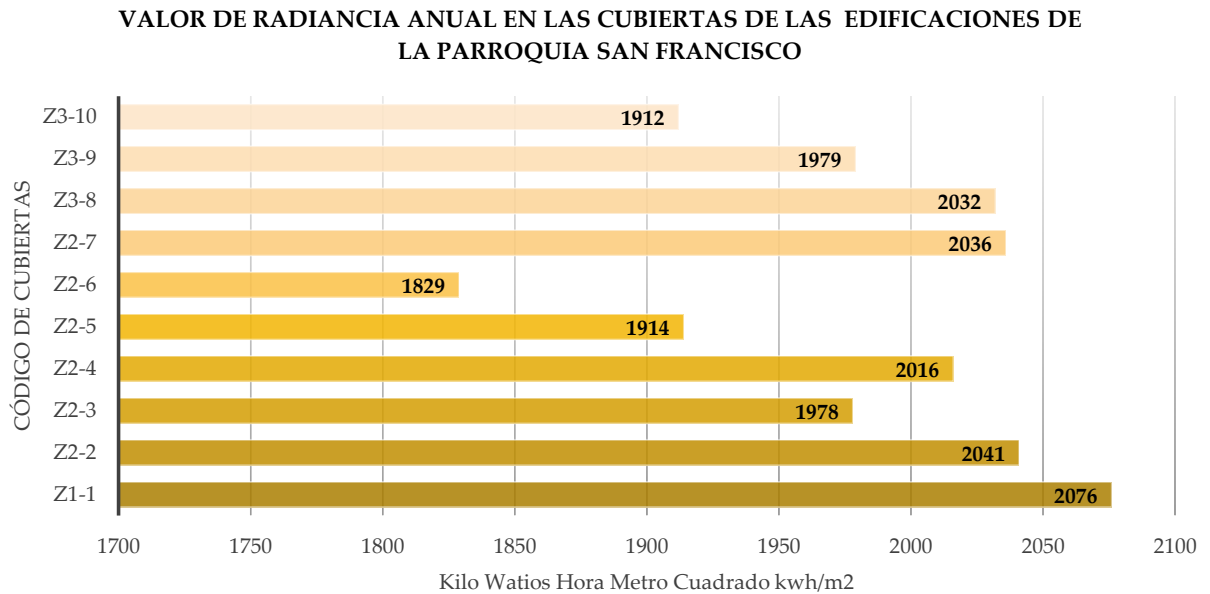
Tomando en cuenta los paneles presentes en el mercado ecuatoriano se estima un precio por panel de \$141,75, con dimensiones de 0,99 m<sup>2</sup>, una eficiencia del panel de 19% y una eficiencia de su convertidor del 96%, con una capacidad máxima de potencial de 150 Wp. Por lo que se multiplica el costo del panel con el número de paneles necesarios a instalar en la cubierta seleccionada, dándonos como resultado un costo aproximado del total necesario a invertir para la instalación de paneles fotovoltaicos.

Por último, para tener una estimación de cuanto sería el ahorro energético se toma el costo de la electricidad en el cantón Ambato que se estima se encuentra en \$ 9,20/kWh y se lo multiplica por el rendimiento de un panel, obteniendo la cantidad de dinero ahorrado anualmente por cada panel instalado. Se realiza esta estimación tomando en cuenta el valor de radiancia anual de cada una de las cubiertas escogidas como muestra en la parroquia, tomando el valor en Kwh/m<sup>2</sup> anuales de las cubiertas donde se podría implementar paneles

fotovoltaicos tomando en cuenta que estos no obstaculicen el paso de luz natural y la ventilación de las edificaciones, además se toma el 70% del área en cubierta, dejando áreas de circulación, mantenimiento e instalaciones libres.

**Gráfico 19.**

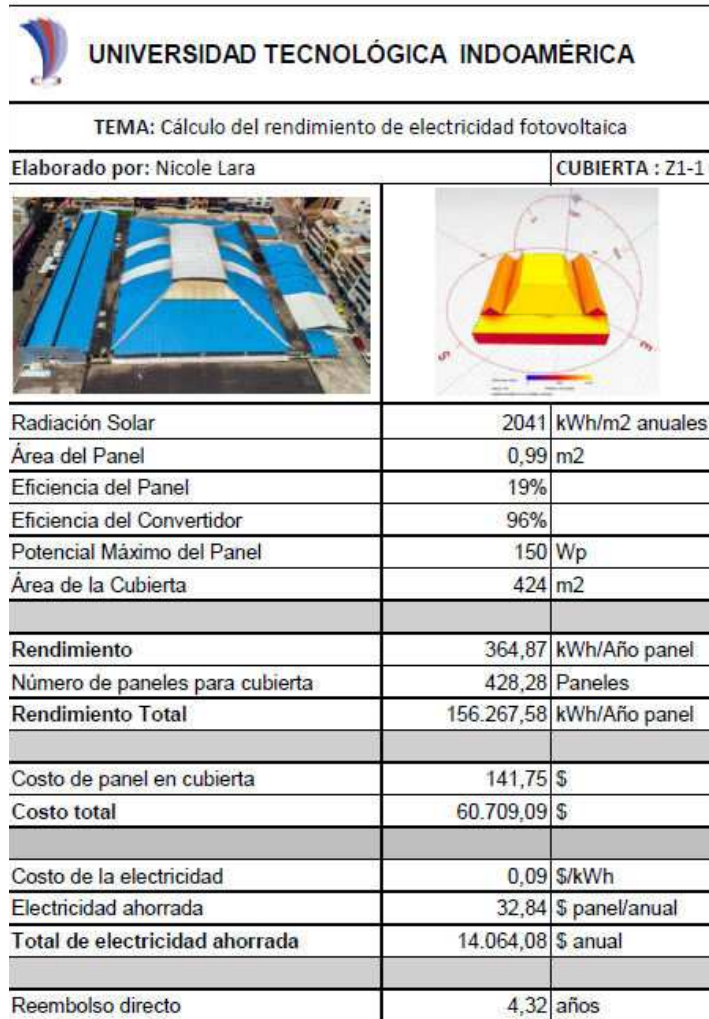
*Valor de radiancia anual en las cubiertas de las edificaciones que presenta una temperatura mayor a 27°C de la Parroquia Urbana San Francisco*



**Nota:** Elaboración propia.

**Figura 39.**

*Cálculo del potencial fotovoltaico calculado en las cubiertas con alta temperatura superficial en la parroquia San Francisco.*



**Nota:** Elaboración propia.



## Discusión

Una vez analizados los datos obtenidos de las 10 cubiertas seleccionadas en las distintas zonas de la parroquia urbana de San Francisco donde se presentaban valores de temperatura superficial mayores a 27 °C, se determina que las diferentes características de la cubierta y propiedades higrotérmicas de los materiales influyen en el aumento de la temperatura superficial llegando hasta los 29,13°C , los valores muestran que existe un aumento de entre 6 a 7 °C de diferencia con la temperatura ambiente promedio, tomando en cuenta que según la NTE INEN-ISO 7730 las temperaturas de suelo aceptables son de entre 19 °C a 28 °C en actividades sedentarias (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016), muchas de las cubiertas generarían un discomfort tanta para la población que reside en el lugar como para la población transeúnte.

Para comprender la influencia del tipo de material y color con el aumento de la temperatura superficial en las cubiertas analizadas se realiza la comparación entre estas variables, dando como resultado que el color azul en el fibrocemento es el que mayor temperatura superficial emana ya que el color influye directamente en los valores de reflectancia y emisividad del material, a continuación se observa que el gris oxidado presenta una temperatura superficial elevada con 28,5 °C esto se debe al estado en el que se encuentra el material en este caso el zinc, ha sufrido un envejecimiento por diferentes factores de exposición solar y climáticos y como consecuencia ha disminuido su capacidad reflectiva en un 30% (N. Alchapar & Correa, 2015).

El material con menor temperatura superficial es el zinc en color gris con 26,01°C esta variación se debe a que es un material relativamente nuevo y sus propiedades higrotérmicas no han sufrido un envejecimiento.

El estado del material es otro variable que se comparó con la temperatura superficial que presentaban las cubiertas, concluyendo que entre peor sea el estado del material y no tenga un mantenimiento adecuado la temperatura superficial aumenta, podemos ver como el zinc oxidado presenta temperaturas de hasta 28,5 °C más elevada que las del zinc en un estado bueno con 26,01 °C , la teja en un estado regular presenta una temperatura superior al de la teja en estado malo esto se debe a que esta última cuenta una cobertura vegetal en sus uniones, consecuencia de la humedad y la falta de mantenimiento por lo que la presencia de vegetación disminuye su temperatura superficial y muestra la importancia de las coberturas vegetales en las temperaturas urbanas.

Por último se analiza las propiedades higrotérmicas de los materiales presenten en las cubiertas de las edificaciones de la parroquia San Francisco dando como resultados que el zinc tiene una alta conductividad térmica con valores de 2,5 W/mk, y que ninguno de los materiales en cubierta cumple con los requisitos para envolventes en la zona climática 4, ya que esta nos muestra valores mínimos aceptables de 2,9 W/mk, además el zinc presenta el calor específico más elevado de todos los materiales por su alta capacidad de retención de

calor cuenta con  $7200 \text{ J/kg K}$ , vemos además que el material con más alta resistencia térmica es el hormigón con  $0,060 \text{ m}^2\text{K/W}$  y comparándolo con los valores mínimos planteados por la NEC-HS-EE que son  $0,89 \text{ m}^2\text{K/W}$  se determina que los materiales no cumplen la resistencia térmica adecuada para la zona climática en la que se encuentran instalados. Para finalizar se analiza la cantidad de radiación que emiten los materiales concluyendo que el policarbonato alveolar es el material que más emisividad presenta con  $0,94 \text{ kgCo}_2/\text{kg}$ .

Las cubiertas que forman parte de la parroquia San Francisco presentan valores de radiación de hasta  $2076 \text{ Kwh/m}^2$  anuales, y una vez calculado su potencial fotovoltaico se estima que con la utilización de paneles solares se podría generar un ahorro energético en el consumo de energía y un impacto de mitigación en las temperaturas superficiales de la zona que conforman las islas de calor urbana de la parroquia urbana San Francisco.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que luego de haber analizado la normativa vigente en el cantón Ambato el POT no se encuentra regulaciones con respecto a los materiales a utilizarse en cubierta, se analiza además la NEC-HS-EE donde se menciona el aislamiento y reflectividad que las cubiertas deben cumplir dependiendo la zona climática en la que se encuentren, el caso del cantón Ambato se encuentra en la zona climática 4, por lo que los requisitos mínimos para sus envolventes en cubierta deberían tener un coeficiente de transferencia de calor de 2,9 y un valor mínimo de resistencia térmica de 0,89, esta norma también abarca las propiedades higrotérmicas de materiales de construcción mismas que son necesarias para el análisis térmico de los materiales utilizados en las edificaciones tales como la conductividad térmica (K), calor específico (Cp) y la densidad (d), parámetros pueden ser usados en cálculos manuales en programas de simulaciones energéticas (NEC-HS-EE, 2018).

Después de realizar el mapa de calor que representa la temperatura superficial de la parroquia, la cual se realizó por medio del programa de teledetección QGis con el uso de una imagen ráster de LTS se concluye que la parroquia cuenta con temperaturas que van desde 23,38 °C a 29,13 °C. Teniendo en cuenta que la temperatura promedio de la zona se encuentra entre 18 a 22 °C en comparación con las temperaturas de hasta 29,13 °C que encontramos en 3 zonas de la parroquia existe un

aumento de entre 6 a 7 °C de diferencia con la temperatura ambiente promedio, además según la NTE INEN-ISO 7730 las temperaturas de suelo aceptables son de entre 19 °C a 28 °C (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016), por lo que muchas de las cubiertas generarían un desconfort tanta para la población que reside en el lugar como para la población transeúnte.

Para comprender de qué manera incide la elección del material en cubierta se analizaron las características y propiedades higrotérmicas de los mismos, concluyendo que existen distintas variables que generan el aumento en la temperatura superficial como el tipo de color que se utiliza, los colores más opacos generan un incremento en las temperaturas, el estado y envejecimiento que presentan los materiales también son factores determinantes ya a partir de los 3 años los materiales disminuyen hasta en un 30% su capacidad reflectividad y propiedades de resistencia térmica, por lo que materiales que presentan oxidaciones y envejecimiento tienen una alta temperatura superficial. Por último al área en cubierta y el tipo de cubierta que se utiliza también forman parte de las variables que influyen en su temperatura a mayor área de cubierta mayor será el impacto en la temperatura ambiente. Una vez analizados y comparado los resultados de los distintos materiales se determina que el material con más alta temperatura superficial es el zinc, seguido por el policarbonato alveolar, el material que menores valores presenta es la teja colonial.

Se compara además las propiedades higro-térmicas determinadas por la NEC-HS-EE, donde se concluye que los materiales utilizados no cumplen con los requisitos para envolventes de la zona climática 4, por lo que, en los espacios habitables no climatizados, se puede presentar un desconfort para el usuario y un impacto hacia la temperatura ambiente.

Por último, como parte de las acciones para poder mitigar el fenómeno térmico se buscó utilizar las cubiertas para aprovechar el mayor recurso energético con el que cuenta el Ecuador, siendo este la gran radiación anual que recibe por su ubicación, por lo que se calcula el potencial fotovoltaico que las cubiertas tomadas como muestra pueden llegar a tener, determinando el rendimiento anual del panel, el ahorro energético con la implementación de paneles solares, y el beneficio económico que este podría llegar a generar. En promedio el rendimiento en kilovatio hora por año en cada panel estaría en 353,07 kWh/Año panel, generando un ahorro energético estimado de \$ 31,77 panel/anual, una vez calculado su potencial fotovoltaico se considera que con la utilización de paneles solares se podría generar un ahorro energético en el consumo de electricidad y un impacto de mitigación en las temperaturas superficiales de la zona que conforman las islas de calor urbana de la parroquia urbana San Francisco.

## REFERENCIAS

- Alchapar, N., & Correa, E. (2015). Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas. *Informes de La Construcción*, 67(540). <https://doi.org/10.3989/ic.14.131>
- Alchapar, N. L., & Correa, E. N. (2016). Aging of roof coatings. Solar reflectance stability according to their morphological characteristics. *Construction and Building Materials*, 102, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.11.005>
- Alonso, D. (2016). *MappingGis*. NDVI: Qué Es y Cómo Calcularlo Con SAGA Desde QGIS. <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>
- Areatecnología. (n.d.). *Resistencia Térmica*. Retrieved July 1, 2022, from <https://areatecnologia.com/materiales/resistencia-termica.html>
- Blender, M. (2015, April 14). *Isla de calor urbana*. Arquitectura y Energía.
- Campoverde, A. S. B. (2018). Análisis de la isla de calor urbana en el entorno andino de Cuenca-Ecuador. *Investigaciones Geográficas (Spain)*, 70, 167–179. <https://doi.org/10.14198/INGEO2018.70.08>
- Casadei, P., Semmartin, M., & Garbulsky, M. F. (2021). Regional analysis of urban heat islands in argentina | Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina. *Ecología Austral*, 31, 190–203.
- Chávez Del Valle. (2002). Capítulo 2. *Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico*.
- Coluccio, E. (2021, July 15). *Conductividad térmica*. Concepto.De. <https://concepto.de/conductividad-termica/>
- Construmática. (2011, April 15). *Absortancia*. Construmática Arquitectura. <https://www.construmatica.com/construpedia/Absortancia>
- Cubillo, P., Orellana, D., & Maigua, P. (2020). *Análisis de la distribución espacial de la temperatura superficial y la valoración de criterios que influyen en la isla de calor urbano (ICU) en el Distrito Metropolitano de Quito*.
- Entretenidos Ec. (2021a, May 26). Ecuador posee un excelente recurso solar gracias a que dispone del calor del sol los 365 días del año. *Entretenidos Ec*. <https://entretendidosec.com/ecuador-posee-un-excelente-recurso-solar-gracias-a-que-dispone-del-calor-del-sol-los-365-dias-del-ano/?fbclid=IwAR1JWixO9A-eya7a1Bo5FCTjYi4krB2S-8OYR8W8JMHxQsESitD6nq9R39M>



- ESPERE-ENC. (2004, November). *El clima de las ciudades*. Environmental Science Published for Everybody Round the Earth. [http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/Bases/2\\_\\_Clima\\_Urbano\\_3x2.html](http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/Bases/2__Clima_Urbano_3x2.html)
- Fluke. (n.d.). *What is Emissivity?* Retrieved July 1, 2022, from <https://www.flukeprocessinstruments.com/es/service-and-support/knowledge-center/infrared-technology/what-emissivity%3F>
- Gálvez, J. A. (2013). *Criterios para la planificación y el diseño de corredores fluviales urbanos para la mitigación de la isla de calor*. Conoma Local 2013.
- García, L. (2018, September 6). *Islas de calor, un fenómeno de las ciudades*. Ciencia UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/779/islas-de-calor-un-fenomeno-de-las-ciudades>
- Globe. (2005). *Protocolo de Temperatura Superficial*.
- Haverland. (2019, November 29). *Qué es el calor específico: concepto, fórmulas y ejemplos*. Haverland. <https://haverland.com/2019/11/29/que-es-calor-especifico-concepto-formulas-y-ejemplos/#:~:text=Definición%20y%20concepto%20del%20calor%20especifico&text=Es%20la%20cantidad%20de%20calor,-de%20calefacción%20de%20nuestra%20casa>
- Honrubia, M. (2017). *Islas de calor: Impacto en el cambio climático y posibles soluciones*. Ennomotive. <https://www.ennomotive.com/es/islas-de-calor/>
- Idrobo, M. A., & Hernández, F. (2009). *Islas de Calor Urbano ICU*.
- IM2 Energía Solar. (2014, October 3). *Como es un panel solar fotovoltaico*. <https://www.im2solar.com/03/2014/como-es-un-panel-solar/>
- Ingeoexpert. (2019a, March 29). *¿Qué es la energía solar fotovoltaica y cómo se genera?* <https://ingeoexpert.com/2019/03/29/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). *NTE INEN-ISO 7730*.
- Isover. (2020). *¿Porque el Espesor es importante en la Aislación Térmica?* Isover. <https://www.isover.com.ar/porque-el-espesor-es-importante-en-la-aislacion-termica>
- Jain, S., Sannigrahi, S., Sen, S., Bhatt, S., Chakraborti, S., & Rahmat, S. (2020). Urban heat island intensity and its mitigation strategies in the fast-growing urban area. *Journal of Urban Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.09.004>

- Laboratorios Eyco. (2021, March 22). *¿Por qué es tan importante el Índice de Reflectancia Solar (SRI) para la construcción y cómo se mide?* Laboratorios Eyco. <https://www.laboratorioeyco.com/por-que-es-importante-el-indice-de-reflectancia-solar-en-la-construccion/>
- Litardo, J., Macías, J., Hidalgo-León, R., Cando, M. G., & Soriano, G. (2019). Measuring the effect of local commercial roofing samples on the thermal behavior of a social interest dwelling located in different climates in Ecuador. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 6. <https://doi.org/10.1115/IMECE2019-11472>
- Litardo, J., Palme, M., Borbor-Córdova, M., Caiza R., Macias, J., Hidalgo-León, R., & Soriano, G. (2020). Urban Heat Island intensity and buildings' energy needs in Duran, Ecuador: Simulation studies and proposal of mitigation strategies. *Sustainable Cities and Society*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102387>
- Macias, J., Soriano, G., Sanchez, H., & Canchingre, Y. (2015). Assessment of solar reflectance of roofing assemblies of dwellings in Guayaquil, Ecuador. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 195, 307–315. <https://doi.org/10.2495/ESUS150261>
- Mengual, A. (2021). *Clima Urbano*. Urbipedia. [https://www.urbipedia.org/hoja/Clima\\_urbano](https://www.urbipedia.org/hoja/Clima_urbano)
- NEC-HS-EE, (2018).
- Perrozzi, A. (2021b, enero 5). *¿Qué son las islas de calor urbano?* Transecto. <https://transecto.com/2021/01/que-son-las-islas-de-calor-urbano/>
- Pintuco. (2021). *La Reflectancia Solar incide en el diseño para el confort térmico*. Pintuco, Construcción. <https://pintuco.com.co/blog-pintuco/construccion/color-caja-de-herramientas/reflectancia-solar-incide-en-el-confort-termico/#:~:text=¿Qué%20es%20el%20índice%20de,de%20temperatura%20de%20la%20superficie.>
- Portillo, G. (2020). *Albedo de la Tierra*. Meteorología En Red. <https://www.meteorologiaenred.com/albedo-de-la-tierra.html>
- POT. (2005). *Plan de Ordenamiento Territorial Cantón Ambato*. [www.ambato.gov.ec](http://www.ambato.gov.ec)
- PUGS. (2021).
- Remica. (2021). *¿Qué es el efecto isla de calor urbana y cómo nos afecta?* Remica.

Suazo, J. M. A., Vasques, R. J. A., Rojas, J. L. F., & Karan, H. A. (2019). Estimación de Isla de Calor Urbana Superficial en el Área Metropolitana de Iquitos/Perú. *Anuario Do Instituto de Geociencias*, 42(1), 135–145. [https://doi.org/10.11137/2019\\_1\\_135\\_145](https://doi.org/10.11137/2019_1_135_145)

Ucha, F. (2011, febrero). *Definición de Isoterma*. Definición ABC. <https://www.definicionabc.com/general/isoterma.php>

Universidad Politécnica de Madrid. (2017, diciembre 4). *Los barrios de Madrid sufren diferencias de temperatura de hasta 8 grados por las islas de calor urbanas*. Universidad Politécnica de Madrid.


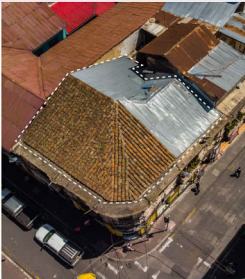
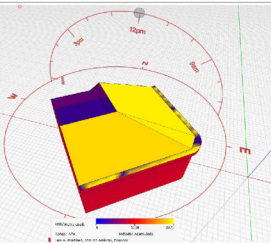
Vivienda Saludable. (2018). *¿Cuál es la mejor temperatura ambiente?* <https://www.viviendasaludable.es/confort-bienestar/climatizacion/cual-es-la-mejor-temperatura-ambiente>

Weather Spark. (2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Ambato*. <https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-año>


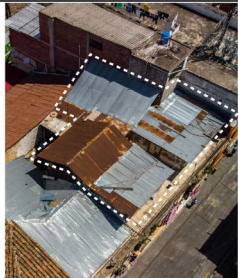
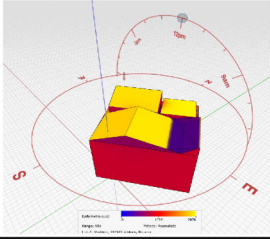
## ANEXOS

### Fichas de Observación de Cubiertas en la Parroquia Urbana San Francisco


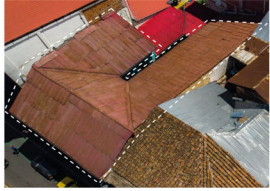
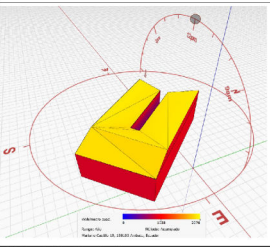
 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>	
<b>TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO</b>	
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara
<b>N.º FICHA:</b> 1	<b>CÓDIGO:</b> Z1-1
<b>UBICACIÓN</b>	
<b>Provincia</b>	Tungurahua
<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Parroquia</b>	San Francisco
<b>Ciudad</b>	Ambato
<b>Calles</b>	Av. Cevallos y Eugenio Espejo
<b>Coordenadas</b>	764276,9863
<b>Barrio</b>	San Francisco
<b>Predio</b>	1
<b>Año de construcción de edificación</b>	2005
<b>Área de construcción</b>	11.780,32
<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>	
	
<b>CLIMA</b>	
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano
<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C
<b>Temperatura superficial</b>	29,13 °C
<b>Temperatura ambiente</b>	22 °C
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Equipamiento <input checked="" type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m) <input type="checkbox"/> 5 pisos (15m) <input type="checkbox"/> 2 Pisos (6 m) <input type="checkbox"/> 6 pisos (18m) <input type="checkbox"/> 3 Pisos (9 m) <input checked="" type="checkbox"/> 7 pisos (21m) <input type="checkbox"/> 4 pisos (12m) <input type="checkbox"/> 8 pisos o más (24m) <input type="checkbox"/>
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>	
<b>Área de la Cubierta</b>	4.244 m2
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana <input type="checkbox"/> Cubierta a dos aguas <input type="checkbox"/> Cubierta a un agua <input type="checkbox"/> Cubierta a cuatro aguas o mda <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc <input type="checkbox"/> Teja <input type="checkbox"/> Hormigón <input type="checkbox"/> Policarbonato <input checked="" type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/>
<b>Color de la cubierta</b>	Azul
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>	
<b>Arborización</b>	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Imagen vegetación</b>	<b>Imagen Formit</b>
<b>Vegetación</b>	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Tipo</b>	
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas <input type="checkbox"/> Vegetación Presente <input type="checkbox"/> No existe <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Sombra a futuro</b>	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas
<b>Aprobada por:</b>	
<b>Valor de Radiación Anual</b>	2076 kWh/m2

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>					
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO					
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.				
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara		<b>N.º FICHA:</b> 2	<b>CÓDIGO:</b> Z2-2	
<b>UBICACIÓN</b>			<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>		
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato		
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato		
<b>Calles</b>	Martínez y Simón Bolívar	<b>Coordenadas</b>	783871,68 9862841,80		
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	6		
<b>Año de construcción de edificación</b>	1940	<b>Área de construcción</b>	863,19		
<b>CLIMA</b>					
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano		<b>Radiación directa (W/m<sup>2</sup>)</b>	217	
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C		<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C	
<b>Temperatura superficial</b>	28,75 °C				
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>			<b>FOTOGRAFIA REFERENCIAL</b>		
<b>Uso de edificación</b>	Residencial	Mixto			
	Comercial	Equipamiento			
	Otro				
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)			
	2 Pisos (6 m)	X	6 pisos (18m)		
	3 Pisos (9 m)		7 pisos (21m)		
	4 pisos (12m)		8 pisos o mas (24m)		
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>					
<b>Área de la Cubierta</b>	168 m <sup>2</sup>				
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	Cubierta a dos aguas			
	Cubierta a un agua	Cubierta a cuatro aguas o más	X		
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc	X	Teja	X	
	Hormigón		Policarbonato		
	Otros				
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno	Regular	X		
	Malo				
<b>Color de la cubierta</b>	Terracota				
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>					
<b>Arborización</b>	Si	No	X	<b>Tipo de arborización</b>	
<b>Descripción</b>			<b>Imagen vegetación</b>	<b>Imagen Formit</b>	
					
<b>Vegetación</b>	Si				
	No	X			
<b>Tipo</b>	Por edificaciones aleatorias				
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Vegetación Presente				
	No existe	X			
<b>Sombra a futuro</b>	Si				
	No	X			
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm				
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas				
<b>Aprobada por:</b>					
			<b>Valor de Radiación Anual</b>	2041 kWh/m <sup>2</sup>	


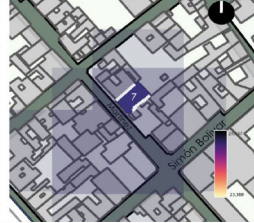

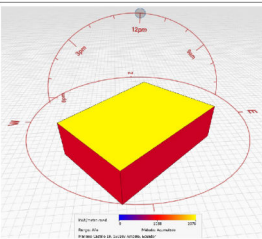


 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco		
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara	<b>N.º FICHA:</b> 3	<b>CÓDIGO:</b> Z2-3
UBICACIÓN		MAPA DE UBICACIÓN	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato
<b>Calles</b>	Martínez y Simón Bolívar	<b>Coordenadas</b>	783850,87 8862850,86
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	5
<b>Año de construcción de edificación</b>	1940	<b>Área de construcción</b>	863,19
CLIMA			
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C
<b>Temperatura superficial</b>	28,89 °C		
SOBRE LA EDIFICACIÓN		FOTOGRAFIA REFERENCIAL	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial <input type="checkbox"/>	Mixto <input checked="" type="checkbox"/>	
	Comercial <input type="checkbox"/>	Equipamiento <input type="checkbox"/>	
	Otro <input type="checkbox"/>		
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m) <input type="checkbox"/>	5 pisos (15m) <input type="checkbox"/>	
	2 Pisos(6 m) <input checked="" type="checkbox"/>	6 pisos (18m) <input type="checkbox"/>	
	3 Pisos (9 m) <input type="checkbox"/>	7 pisos (21m) <input type="checkbox"/>	
	4 pisos (12m) <input type="checkbox"/>	8 pisos o mas (24m) <input type="checkbox"/>	
SOBRE LA CUBIERTA			
<b>Área de la Cubierta</b>	54 m2		
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana <input type="checkbox"/>	Cubierta a dos aguas <input checked="" type="checkbox"/>	
	Cubierta a un agua <input type="checkbox"/>	Cubierta a cuatro aguas o más <input type="checkbox"/>	
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc <input checked="" type="checkbox"/>	Teja <input type="checkbox"/>	
	Hormigón <input type="checkbox"/>	Policarbonato <input type="checkbox"/>	
	Otros <input type="checkbox"/>		
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	
	Malo <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Color de la cubierta</b>	Gris-Oxidado		
SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA			
<b>Arborización</b>	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	<b>Tipo de arborización</b>
<b>Descripción</b>			<b>Imagen vegetación</b>
<b>Vegetación</b>	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Tipo</b>	Por edificaciones adyacentes <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Vegetación Presente <input type="checkbox"/>		
	No existe <input type="checkbox"/>		
<b>Sombra a futuro</b>	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm		
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas		
<b>Aprobada por:</b>			<b>Valor de Radiación Anual</b> 1978 kwh/m2




 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>				
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO				
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.			
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara		<b>N.º FICHA:</b> 4	<b>CÓDIGO:</b> Z2.4
<b>UBICACIÓN</b>			<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato	
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato	
<b>Calles</b>	Martínez	<b>Coordenadas</b>	783853,25 8662859,48	
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	4	
<b>Año de construcción de edificación</b>	1998	<b>Área de construcción</b>	1.796,10	
<b>CLIMA</b>				
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217	
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C	
<b>Temperatura superficial</b>	27,94 °C			
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>			<b>FOTOGRAFIA REFERENCIAL</b>	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial	Mixto	X	
	Comercial	Equipamiento		
	Otro			
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)	X	
	2 Pisos (6 m)	6 pisos (18m)		
	3 Pisos (9 m)	7 pisos (21m)		
	4 pisos (12m)	8 pisos o mas (24m)		
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>				
<b>Área de la Cubierta</b>	104 m2			
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	X	Cubierta a dos aguas	
	Cubierta a un agua		Cubierta a cuatro aguas o más	
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc		Teja	
	Hormigón	X	Polycarbonato	
	Otros			
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno		Regular	X
	Malo			
<b>Color de la cubierta</b>	Gris			
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>				
<b>Arborización</b>	Si		No	X
<b>Descripción</b>				<b>Imagen vegetación</b>
<b>Vegetación</b>	Si			<b>Imagen Formit</b>
	No	X		
<b>Tipo</b>				
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas	X		
	Vegetación Presente			
<b>Sombra a futuro</b>	No existe			
	Si			
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm			
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas			
<b>Aprobada por:</b>				<b>Valor de Radiación Anual</b> 2016 kwh/m2


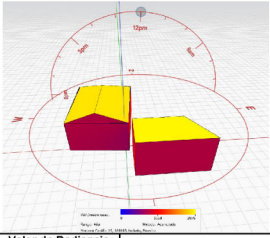

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.		
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara	<b>N.º FICHA:</b> 5	<b>CÓDIGO:</b> Z2-5
UBICACIÓN		MAPA DE UBICACIÓN	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato
<b>Calles</b>	Martínez y Simón Bolívar	<b>Coordenadas</b>	783920,89 9862764,77
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	7
<b>Año de construcción de edificación</b>	1938	<b>Área de construcción</b>	254,52
CLIMA			
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C
<b>Temperatura superficial</b>	28,61 °C		
SOBRE LA EDIFICACIÓN		FOTOGRAFIA REFERENCIAL	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial	Mixto	
	Comercial	X Equipamiento	
	Otro		
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)	
	2 Pisos (6 m)	X 6 pisos (18m)	
	3 Pisos (9 m)	7 pisos (21m)	
	4 pisos (12m)	8 pisos o mas (24m)	
SOBRE LA CUBIERTA			
<b>Área de la Cubierta</b>	295 m2		
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	Cubierta a dos aguas	X
	Cubierta a un agua	Cubierta a cuatro aguas o más	
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc	X Teja	
	Hormigón	Policarbonato	
	Otros		
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Buena	Regular	X
	Mala		
<b>Color de la cubierta</b>	Naranja		
SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA			
<b>Arborización</b>	Si	No	X
<b>Descripción</b>			<b>Imagen vegetación</b>
<b>Vegetación</b>	Si		
	No	X	
<b>Tipo</b>	Por edificaciones aledañas	X	
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Vegetación Presente		
	No existe		
<b>Sombra a futuro</b>	Si		
	No	X	
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm		
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas		
<b>Aprobada por:</b>			<b>Valor de Radiación Anual</b> 1914 kwh/m2

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.		
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara	<b>N.º FICHA:</b> 6	<b>CÓDIGO:</b> Z2-6
<b>UBICACIÓN</b>		<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato
<b>Calles</b>	Martínez y Simón Bolívar	<b>Coordenadas</b>	783933,18 9862803,9
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	13
<b>Año de construcción de edificación</b>	1930	<b>Área de construcción</b>	472,2
<b>CLIMA</b>			
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C
<b>Temperatura superficial</b>	28,69 °C		
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>		<b>FOTOGRAFIA REFERENCIAL</b>	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial Comercial Ctro	Mixto Equipamiento	X
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m) 2 Pisos(6 m) 3 Pisos (9 m) 4 pisos (12m)	5 pisos (15m) 6 pisos (18m) 7 pisos (21m) 8 pisos o mas (24m)	X
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>			
<b>Área de la Cubierta</b>	210 m2		
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana Cubierta a un agua	Cubierta a dos aguas Cubierta a cuatro aguas o más	X
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc Hormigón Otros	Teja Policarbonato	X
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno Malo	Regular	X
<b>Color de la cubierta</b>	Terracota Oscura		
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>			
<b>Arborización</b>	Si	No	X
<b>Descripción</b>			<b>Imagen vegetación</b>
<b>Vegetación</b>	Si No	X	
<b>Tipo</b>	Por edificaciones aledañas Vegetación Presente No existe	X	
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Si No	X	
<b>Sombra a futuro</b>	Si No	X	
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm		
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas		
<b>Aprobada por:</b>			<b>Valor de Radiación Anual</b> 1829 kWh/m2

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>					
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO					
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.				
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara			<b>N.º FICHA:</b> 7	<b>CÓDIGO:</b> Z2-7
UBICACIÓN				MAPA DE UBICACIÓN	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato		
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato		
<b>Calles</b>	Martínez y Simón Bolívar	<b>Coordenadas</b>	783853,25 8862858,48		
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	15		
<b>Año de construcción de edificación</b>	2003	<b>Área de construcción</b>	704,6		
CLIMA					
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217		
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	18 °C		
<b>Temperatura superficial</b>	27,70 °C				
SOBRE LA EDIFICACIÓN				FOTOGRAFIA REFERENCIAL	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial		Mixto		
	Comercial	X	Equipamiento		
	Otro				
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)		5 pisos (15m)		
	2 Pisos(6 m)		6 pisos (18m)		
	3 Pisos (9 m)	X	7 pisos (21m)		
	4 pisos (12m)		8 pisos o mas (24m)		
SOBRE LA CUBIERTA					
<b>Área de la Cubierta</b>	59,3 m2				
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	X	Cubierta a dos aguas		
	Cubierta a un agua		Cubierta a cuatro aguas o más		
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc		Teja		
	Hormigón	X	Policarbonato		
	Otros				
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Buena		Regular	X	
	Mala				
<b>Color de la cubierta</b>	Gris Oscuro				
SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA					
<b>Arborización</b>	Si		No	X	
<b>Descripción</b>			<b>Imagen vegetación</b>		<b>Tipo de arborización</b>
<b>Vegetación</b>	Si				<b>Imagen Formit</b>
	No	X			
<b>Tipo</b>					
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas	X			
	Vegetación Presente				
	No existe				
<b>Sombra a futuro</b>	Si				
	No	X			
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm				
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas				
<b>Aprobada por:</b>			<b>Valor de Radiación Anual</b>	2036 kwh/m2	



 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>					
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO					
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.				
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara		<b>N.º FICHA:</b> 8	<b>CÓDIGO:</b> Z3-8	
<b>UBICACIÓN</b>			<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>		
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato		
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato		
<b>Calles</b>	Eugenio Espejo y Vicente Rocafuerte	<b>Coordenadas</b>	764066 7 9862937.1		
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	1		
<b>Año de construcción de edificación</b>	2017	<b>Área de construcción</b>	647,58		
<b>CLIMA</b>					
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m2)</b>	217		
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	20 °C		
<b>Temperatura superficial</b>	26,01 °C				
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>			<b>FOTOGRAFIA REFERENCIAL</b>		
<b>Uso de edificación</b>	Residencial		Mixto		
	Comercial		Equipamiento		X
	Otro				
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	X	5 pisos (15m)		
	2 Pisos (6 m)		6 pisos (18m)		
	3 Pisos (9 m)		7 pisos (21m)		
	4 pisos (12m)		8 pisos o mas (24m)		
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>					
<b>Área de la Cubierta</b>	737 m2				
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana		Cubierta a dos aguas	X	
	Cubierta a un agua		Cubierta a cuatro aguas o más		
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc	X	Teja		
	Hormigón		Policarbonato		
	Otros				
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno	X	Regular		
	Malo				
<b>Color de la cubierta</b>	Gris				
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>					
<b>Arborización</b>	Si		No	X	
<b>Descripción</b>					
<b>Vegetación</b>	Si				
	No		X		
<b>Tipo</b>					
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas	X			
	Vegetación Presente				
	No existe				
<b>Sombra a futuro</b>	Si				
	No		X		
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm				
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas				
<b>Aprobada por:</b>					
			<b>Valor de Radiación Anual</b>	2032 kwh/m2	

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>						
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO						
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.				<b>N.º FICHA:</b> 9	<b>CÓDIGO:</b> Z3-9
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara					
UBICACIÓN						
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato			
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato			
<b>Calles</b>	Eugenio Espejo y Vicente Rocafuerte	<b>Coordenadas</b>	764036.9 8962991.2			
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	2			
<b>Año de construcción de edificación</b>	1974	<b>Área de construcción</b>	173,08			
CLIMA						
<b>Estación</b>	Solsticio de Verano	<b>Radiación directa (W/m<sup>2</sup>)</b>	217			
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	20 °C			
<b>Temperatura superficial</b>	28,65 °C					
SOBRE LA EDIFICACIÓN						
<b>Uso de edificación</b>	Residencial	Mixto				
	Comercial	Equipamiento		X		
	Otro					
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)				
	2 Pisos(6 m)	X	6 pisos (18m)			
	3 Pisos (9 m)	7 pisos (21m)				
	4 pisos (12m)	8 pisos o mas (24m)				
SOBRE LA CUBIERTA						
<b>Área de la Cubierta</b>	1,247 m <sup>2</sup>					
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	Cubierta a dos aguas		X		
	Cubierta a un agua	Cubierta a cuatro aguas o más				
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc	X	Teja			
	Hormigón	Policarbonato				
	Otros					
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno	Regular		X		
	Malo					
<b>Color de la cubierta</b>	Gris					
SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA						
<b>Arborización</b>	Si	No		X		
<b>Imagen Formit</b>						
<b>Imagen vegetación</b>						
<b>Descripción</b>						
<b>Vegetación</b>	Si	No		X		
<b>Tipo</b>						
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas					
	Vegetación Presente					
	No existe	X				
<b>Sombra a futuro</b>	Si					
	No	X				
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm					
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas					
<b>Aprobada por:</b>						
<b>Valor de Radiación Anual</b>	1979 kWh/m <sup>2</sup>					

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
<b>Población</b>	Edificaciones que presenten temperaturas entre 29°C y 26°C con deterioros existentes en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco.		
<b>Elaborado por</b>	Nicole Lara	<b>N.º FICHA:</b> 10	<b>CÓDIGO:</b> 23-10
<b>UBICACIÓN</b>		<b>MAPA DE UBICACIÓN</b>	
<b>Provincia</b>	Tungurahua	<b>Cantón</b>	Ambato
<b>Parroquia</b>	San Francisco	<b>Ciudad</b>	Ambato
<b>Calles</b>	Eugenio Espejo y Cuenca	<b>Coordenadas</b>	764001.8 9863045.9
<b>Barrio</b>	San Francisco	<b>Predio</b>	1
<b>Año de construcción de edificación</b>	1993	<b>Área de construcción</b>	1041.01
<b>CLIMA</b>			
<b>Estación</b>	Soleticio de Verano	<b>Radiancia directa (W/m2)</b>	217
<b>Temperatura promedio</b>	19 °C	<b>Temperatura ambiente</b>	20 °C
<b>Temperatura superficial</b>	28,76 °C		
<b>SOBRE LA EDIFICACIÓN</b>		<b>FOTOGRAFIA REFERENCIAL</b>	
<b>Uso de edificación</b>	Residencial	Mixto	
	Comercial	Equipamiento	X
	Otro		
<b>Altura de edificación</b>	1 Piso (3m)	5 pisos (15m)	
	2 Pisos(6 m)	6 pisos (18m)	
	3 Pisos (9 m)	7 pisos (21m)	
	4 pisos (12m)	8 pisos o mas (24m)	X
<b>SOBRE LA CUBIERTA</b>			
<b>Área de la Cubierta</b>	1,036 m2		
<b>Tipo de Cubierta</b>	Cubierta plana	Cubierta a dos aguas	X
	Cubierta a un agua	Cubierta a cuatro aguas o más	
<b>Tipo de material de la cubierta</b>	Zinc	Teja	
	Hormigón	Policarbonato	
	Otros	Fibrocemento	
<b>Estado del material de la cubierta</b>	Bueno	Regular	
	Malo	X	
<b>Color de la cubierta</b>	Gris Oscuro		
<b>SOBRE LAS SOMBRAS PROYECTADAS EN LA CUBIERTA</b>			
<b>Arborización</b>	Si	No	X
<b>Descripción</b>			<b>Imagen Formit</b>
<b>Vegetación</b>	Si		
	No	X	
<b>Tipo</b>			
<b>Sombra proyectada sobre cubierta</b>	Por edificaciones aledañas		
	Vegetación Presente		
	No existe	X	
<b>Sombra a futuro</b>	Si		
	No	X	
<b>Horas de sombra</b>	4pm-6pm		
<b>Horas de exposición solar</b>	6 horas		
<b>Valor de Radiancia Anual</b>	1912 kWh/m2		
<b>Aprobada por:</b>			

Fichas de Observación de Materiales en las cubiertas de la Parroquia Urbana San Francisco

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>				
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO				
IMAGEN		DETALLE CONSTRUCTIVO		
				
Descripción del material	Láminas de Policarbonato Azul	MODELO	Policarbonato Alveolar	
Estado de material en cubierta	El material no presenta desgaste	El material presenta daños y fisuras	El material necesita mantenimiento	
Vida útil del material	20 años.			
Antigüedad del material	17 años	Color de cubierta	Azul	
PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS				
Conductividad Térmica	0,2	W/mK	Vegetación	
Calor Específico	1200	J/kg K		
Densidad	1200	kg/m3	Imagen de vegetación: No existe	
Espesor	6	mm		
Resistencia Térmica	0,03	m2K/W		
Emisividad	0,94	kgCo2/kg		
Aprobada por:				


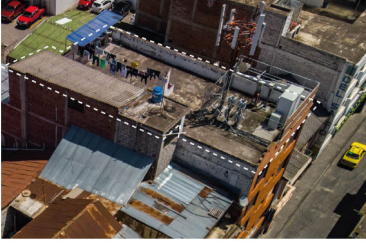

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>				
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO				
IMAGEN		DETALLE CONSTRUCTIVO		
Descripción del material	Teja	MODELO	Teja Colonial	
Estado de material en cubierta	El material presenta desgaste y cobertura vegetal en la teja.	El material presenta daños y fisuras	El material presenta daños en la teja por lo que se realizó un cambio de cubierta a zinc.	
Vida útil del material	50 años.			
Antigüedad del material	82 años	Color de cubierta	Roja	
<b>PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS</b>				
Conductividad Térmica	1	W/mK	Vegetación	
Calor Especifico	1217	J/kg K	Liquenes	
Densidad	2000	kg/m <sup>3</sup>	Musgo	
Espesor	6	mm	<b>Imagen de vegetación:</b>	
Resistencia Térmica	0,01	m <sup>2</sup> K/W		
Emisividad	0,91	kgCo <sub>2</sub> /kg		
Aprobada por:				



 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
IMAGEN	DETALLE CONSTRUCTIVO		
			
Descripción del material	Zinc	MODELO	
Estado de material en cubierta	El material necesita mantenimiento.	El material presenta daños y fisuras	El material se encuentra en buen estado
Vida útil del material	80 años.		
Antigüedad del material	5 años	Color de cubierta	Gris
PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS			
Conductividad Térmica	2,5	W/mK	Vegetación
Calor Específico	7200	J/kg K	
Densidad	7200	kg/m <sup>3</sup>	Imagen de vegetación: No existe
Espesor	6	mm	
Resistencia Térmica	0,02	m <sup>2</sup> K/W	
Emisividad	0,91	kgCo <sub>2</sub> /kg	
Aprobada por:			

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>				
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO				
IMAGEN			DETALLE CONSTRUCTIVO	
				
Descripción del material	Zinc		MODELO	
Estado de material en cubierta	El material se encuentra en mal estado presenta oxidación		El material presenta daños y fisuras El material presenta daños	
Vida útil del material	80 años.			
Antigüedad del material	22 años		Color de cubierta Gris	
PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS				
Conductividad Térmica	2,5	W/mK	Vegetación	
Calor Específico	7200	J/kg K	Liquenes	
Densidad	7200	kg/m3	Musgo	
Espesor	6	mm	Imagen de vegetación: No existe	
Resistencia Térmica	0,02	m2K/W		
Emisividad	0,10	kgCo2/kg		
Aprobada por:				

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
IMAGEN		DETALLE CONSTRUCTIVO	
			
Descripción del material	Fibrocemento	MODELO	
Estado de material en cubierta	El material necesita mantenimiento presenta capa vegetal.	El material presenta daños y fisuras	El material presenta daños en los tragaluces.
Vida útil del material	25 años.		
Antigüedad del material	12 años	Color de cubierta	Gris
PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS			
Conductividad Térmica	0,93	W/mK	Vegetación
Calor Específico	1250	J/kg K	
Densidad	2000	kg/m3	Imagen de vegetación:
Espesor	6	mm	
Resistencia Térmica	0,065	m2K/W	
Emisividad	0,93	kgCo2/kg	
Aprobada por:			

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA</b>			
TEMA: FICHA DE OBSERVACIÓN DE CUBIERTAS EN LA PARROQUIA URBANA SAN FRANCISCO			
IMAGEN		DETALLE CONSTRUCTIVO	
			
Descripción del material	Hormigón	MODELO	
Estado de material en cubierta	El material necesita mantenimiento presenta daño por humedad.	El material presenta daños y fisuras	
Vida útil del material	50 años.		
Antigüedad del material	23 años	Color de cubierta	Gris
PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS			
Conductividad Térmica	1,63	W/mK	Vegetación
Calor Especifico	1050	J/kg K	
Densidad	2400	kg/m3	Imagen de vegetación:
Espesor	10	mm	
Resistencia Térmica	0,061	m2K/W	
Emisividad	0,93	kgCo2/kg	
Aprobada por:			

## Ficha Técnica de Panel Solar



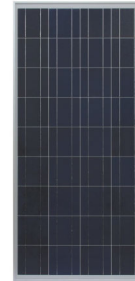
### Polycrystalline Module Models

GP-160P-36 GP-150P-36

### Electrical Specifications

\*STC : Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

Model type	GP-160P-36	GP-150P-36
Peak power (Pmax)	160W	150W
Cell Efficiency	18.81%	17.64%
Maximum power voltage (Vmp)	19.2V	18.7V
Maximum power current (Imp)	8.33A	8.02A
Open circuit voltage (Voc)	22.8V	22.3V
Short circuit current (Isc)	8.81A	8.51A
Power Tolerance		±3%
Maximum system voltage		1000V
Series fuse rating (A)		12
Number of bypass diode		2

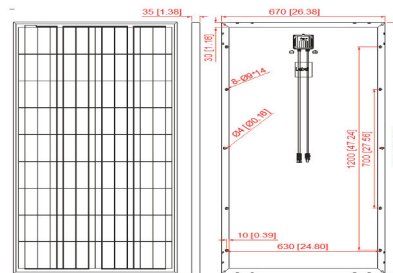


### Temperature Coefficients

Current Temperature Coefficient $\alpha(Isc)$	0.08%/°C
Voltage Temperature Coefficient $\beta(Voc)$	-0.32%/°C
Power Temperature Coefficient	-0.38%/°C
Nominal Temperature Of Cells(NOTC)	46±2°C
Application Temperature Range	-40→+85°C

### Mechanical Characteristics

Dimensions:	1480 x 670 x 35mm (58.3x26.38x1.38 inch)
Weight:	10.7 kg (23.75 lbs)
Solar Cells:	36 cells in series(4 x 9)
Construction:	High-transmission low-iron tempered glass, EVA, TPT/TPE
Frame:	Anodized aluminum is mainly for improving corrosion resistance. Color: silver



Module Diagram

### Output

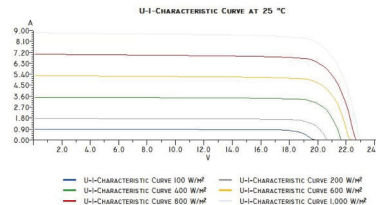
Cable	LAPP(4 mm <sup>2</sup> )
Lengths	900mm(-) and 900mm(+)
Connector	MC Plug Type IV

### Module Warranty:

- 25-year limited warranty of 80% power output;
- 10-year limited warranty of 90% power output;
- 5-year limited warranty of materials and workmanship.

Note: This publication summarizes product warranty and Specifications which are subject to change without notice


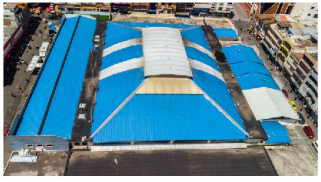
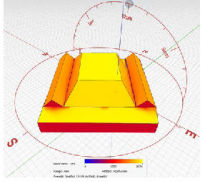
Product photos are for reference only, on behalf of actual product.



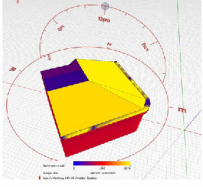




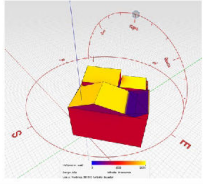
Electrical Performance


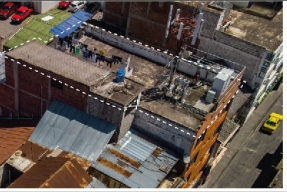
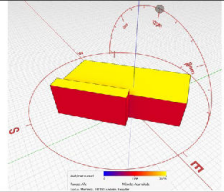




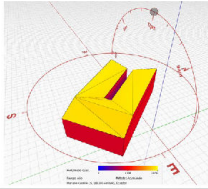
Ficha de Cálculo de Potencial Fotovoltaico en las cubiertas de las edificaciones de la parroquia San Francisco

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z1-1
		
Radiación Solar	2041	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	424	m2
<b>Rendimiento</b>	364,87	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	428	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	156.267,58	kWh/Año panel
Costo de panel en cubierta	141,75	\$
<b>Costo total</b>	60.709,09	\$
Costo de la electricidad	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	32,84	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	14.064,08	\$ anual
Reembolso directo	4,32	años



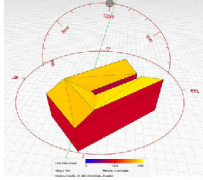
 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z2-2
		
Radiación Solar	2032	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	168	m2
<b>Rendimiento</b>	363,26	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	169,70	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	61.644,31	kWh/Año panel
Costo de panel en cubierta	141,75	\$
<b>Costo total</b>	24.054,55	\$
Costo de la electricidad	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	32,69	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	5.547,99	\$ anual
Reembolso directo	4,34	años

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>	
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica	
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara	<b>CUBIERTA :</b> Z2-3
	
Radiación Solar	1975 kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99 m2
Eficiencia del Panel	19%
Eficiencia del Convertidor	96%
Potencial Máximo del Panel	150 Wp
Área de la Cubierta	54 m2
<b>Rendimiento</b>	353,07 kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	54,55 Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	19.258,43 kWh/Año panel
Costo de panel en cubierta	141,75 \$
<b>Costo total</b>	7.731,82 \$
Costo de la electricidad	0,09 \$/kWh
Electricidad ahorrada	31,78 \$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	1.733,26 \$ anual
Reembolso directo	4,46 años



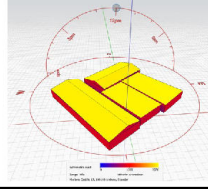
 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z2-4
		
Radiación Solar	2016	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	104	m2
<b>Rendimiento</b>		
	360,40	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	105,05	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>		
	37.860,29	kWh/Año panel
<b>Costo de panel en cubierta</b>		
	141,75	\$
<b>Costo total</b>		
	14.890,91	\$
<b>Costo de la electricidad</b>		
	0,09	\$/kWh
<b>Electricidad ahorrada</b>		
	32,44	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>		
	3.407,43	\$ anual
<b>Reembolso directo</b>		
	4,37	años



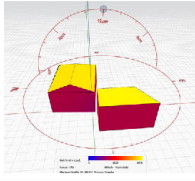
 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z2-5
 		
Radiación Solar	1914	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	295	m2
<b>Rendimiento</b>		
	342,17	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	297,98	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	101.958,63	kWh/Año panel
<b>Costo de panel en cubierta</b>		
	141,75	\$
<b>Costo total</b>	42.238,64	\$
<b>Costo de la electricidad</b>		
	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	30,79	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	9.176,28	\$ anual
<b>Reembolso directo</b>		
	4,60	años



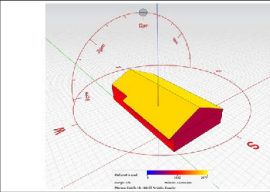


 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z2-6
		
Radiación Solar	1829	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	210	m2
<b>Rendimiento</b>		
	326,97	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	212,12	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	<b>69.357,44</b>	<b>kWh/Año panel</b>
<b>Costo de panel en cubierta</b>		
	141,75	\$
<b>Costo total</b>	<b>30.068,18</b>	<b>\$</b>
<b>Costo de la electricidad</b>		
	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	29,43	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	<b>6.242,17</b>	<b>\$ anual</b>
<b>Reembolso directo</b>		
	4,82	años

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>	
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica 	
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara	<b>CUBIERTA :</b> Z2-7
	
Radiación Solar	2016 kWh/m <sup>2</sup> anuales
Área del Panel	0,99 m <sup>2</sup>
Eficiencia del Panel	19%
Eficiencia del Convertidor	96%
Potencial Máximo del Panel	150 Wp
Área de la Cubierta	59,3 m <sup>2</sup>
<b>Rendimiento</b>	360,40 kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	59,90 Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	21.587,64 kWh/Año panel
Costo de panel en cubierta	141,75 \$
<b>Costo total</b>	8.490,68 \$
Costo de la electricidad	0,09 \$/kWh
Electricidad ahorrada	32,44 \$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	1.942,89 \$ anual
Reembolso directo	4,37 años

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z3-8
		
Radiación Solar	2032	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	732	m2
<b>Rendimiento</b>		
	363,26	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	739,39	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	268.593,08	kWh/Año panel
<b>Costo</b>		
Costo de panel en cubierta	141,75	\$
<b>Costo total</b>	104.809,09	\$
<b>Costo de la electricidad</b>		
	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	32,69	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	24.173,38	\$ anual
<b>Reembolso directo</b>		
	4,34	años

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>		
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica		
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara		<b>CUBIERTA :</b> Z3-9
		
Radiación Solar	1979	kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99	m2
Eficiencia del Panel	19%	
Eficiencia del Convertidor	96%	
Potencial Máximo del Panel	150	Wp
Área de la Cubierta	1247	m2
<b>Rendimiento</b>		
	353,79	kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	1.259,60	Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	445.627,80	kWh/Año panel
<b>Costo</b>		
Costo de panel en cubierta	141,75	\$
<b>Costo total</b>	178.547,73	\$
<b>Beneficio</b>		
Costo de la electricidad	0,09	\$/kWh
Electricidad ahorrada	31,84	\$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	40.106,50	\$ anual
Reembolso directo	4,45	años

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA</b>	
<b>TEMA:</b> Cálculo del rendimiento de electricidad fotovoltaica	
<b>Elaborado por:</b> Nicole Lara	<b>CUBIERTA :</b> Z3-10
	
Radiación Solar	1912 kWh/m2 anuales
Área del Panel	0,99 m2
Eficiencia del Panel	19%
Eficiencia del Convertidor	96%
Potencial Máximo del Panel	150 Wp
Área de la Cubierta	1036 m2
<b>Rendimiento</b>	341,81 kWh/Año panel
Número de paneles para cubierta	1.046,46 Paneles
<b>Rendimiento Total</b>	357.690,72 kWh/Año panel
Costo de panel en cubierta	141,75 \$
<b>Costo total</b>	148.336,36 \$
Costo de la electricidad	0,09 \$/kWh
Electricidad ahorrada	30,76 \$ panel/anual
<b>Total de electricidad ahorrada</b>	32.192,16 \$ anual
Reembolso directo	4,61 años