SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Querétaro

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO

SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

TESIS

Que para obtener el Grado de
MAESTRA EN INGENIERÍA

presenta

Arq. MARTHA PATRICIA BOCANEGRA FUENTES

Dirigida por:
M.A. Teresa de Jesús Gómez Lemus
M. Arq. Elizabeth López Alvarado
M.C. Omar Alejandro Cervantes Gloria
Dr. Raúl Ramírez López

Enero, 2020.

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Querétaro
División de Posgrado e Investigación

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Querétaro, Qro., 09 de Diciembre del 2019
DIV. DE EST. POSG. E INV.
DEPI-282/2019

BOCANEGRA FUENTES MARTHA PATRICIA
ESTUDIANTE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
PRESENTE

De acuerdo con el Reglamento para Exámenes Profesionales de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, se le autoriza la impresión de la Tesis, para obtener el Grado de MAESTRIA EN INGENIERÍA, titulada:

"SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS"

Para el correspondiente Examen de Grado.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"la tierra será como sean los hombres"

SEP
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MA. DEL CONSUELO ALCÁNTARA TÉLLEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.C.P.. Archivo
*MCAT/mrr**

Santiago de Querétaro, Qro. a 14 de Enero del 2020.

La que suscribe, egresada de la MAESTRÍA en INGENIERIA; de manera libre y voluntaria autorizo al Centro de Información del Instituto Tecnológico de Querétaro a difundir la obra de mi autoría con el Título del trabajo SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS. Para fines académicos, científicos y tecnológicos, mediante formato CD-ROM o digital, desde Internet, Intranet y en general cualquier formato conocido o por conocer.

Dicha obra estará disponible al estudiantado de esta Institución a partir del 21 de enero del 2020, fecha en la cual se puede difundir la obra.

Postulante: MARTHA PATRICIA BOCANEGRA FUENTES

No. de Control: M8614014

Correo electrónico: m86140144@itq.edu.mx

Título de la obra: SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.

Área del conocimiento: Diseño y construcción de un dispositivo que monitorea la humedad relativa, y la temperatura ambiente y la temperatura superficial de muros en el interior y/o exterior de un espacio arquitectónico.

Palabras clave de la obra: temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura superficial, monitoreo de muros.

MARTHA PATRICIA BOCANEGRA FUENTES

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Querétaro

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
COORDINACIÓN DE POSGRADO

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE TESIS

Santiago de Querétaro, Qro. a __04____ de ___NOVIEMBRE_____ de _2019__

Ma. Del Consuelo Alcántara Téllez
Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Querétaro
P R E S E N T E.

Nos permitimos hacer de su conocimiento, que después de haber procedido a la revisión y evaluación rigurosa y detallada de la Tesis del (de la) C.

ARQ. MARTHA PATRICIA BOCANEGRA FUENTES

Cuyo título es:

SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS AEQUITECTÓNICOS

Este jurado considera __ **APROBADA** _____dicha Tesis y se le notifica que la tesista puede continuar con los trámites correspondientes para obtener el Grado de Maestria.

Sin más por el momento, nos despedimos de usted.

Atentamente,

Comité Tutorial

DIRECTORA
M.A. Teresa de Jesús Gómez Lemus

CODIRECTOR
M. Arq. Elizabeth López Alvarado

ASESOR
M.C. Omar Alejandro Cervantes Gloria

c. c. p. Presidente comité tutorial
Expediente del alumno
alumno

Índice

Agradecimientos 8
Dedicatorias 9
Resumen 10
Palabras clave 10
Abstract 10
Keywords 10
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN 11
Planteamiento del problema. 11
Objetivos. 14
Objetivo general. 14
Objetivos específicos. 14
Metas. 14
Hipótesis. 15
Justificación. 15
Alcances y limitaciones. 16
Infraestructura y/o recursos. 17
Capítulo 2. MARCO TEÓRICO 18
Generalidades. 18
Factores del ambiente térmico. 19
Temperatura seca del aire. 21
Humedad relativa. 21
El confort. 22
Confort térmico. 24
Bienestar higrotérmico en espacios interiores. 25
Instrumentos para medir temperatura. 26
Sistemas electrónicos. 28
Arduino. 29
- Hardware. 29
- Software. 30
- Lenguaje de programación. 31

Placa Arduino Mega 2560 32
SD Shield 33

Pantalla LCD 33
Normatividad 33
Antecedentes. 34
- Monitoreo de temperatura y humedad en un campo de cultivo utilizando el protocolo bluetooth. 35
- Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México. . 35
- Monitoreo del comportamiento térmico de distintos recubrimientos en techos mediante el uso de una red inalámbrica de sensor (WSN) para la predicción de temperatura con redes neuronales. 36

Capítulo 3. METODOLOGÍA 38
Descripción de la metodología. 38
Desarrollo de la metodología. 39
1. Definición del monitoreo y selección de variables. 39
2. Identificación y selección de instrumentos digitales para medir la humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial. 40
3. Diseño y ensamble del dispositivo electrónico. 54
4. Codificación de datos para elaboración de resultados gráficos 62

Capítulo 4. RESULTADOS 67
Dispositivos electrónicos. 67
Monitoreo de prueba. 68
Gestión del proyecto. 70

Capítulo 5. CONCLUSIONES 71
Fuentes de información 73
ANEXOS 75
I. Práctica de introducción a Arduino. 75
II. Prueba del sensor dth-11 en Arduino. 78
III. Pruebas preliminares del sensor infrarrojo. 82
IV. Gestión del proyecto. 88

Índice de figuras

Fig. 1 Placa Arduino Mega 2560 43
Fig. 2 Grafica de emisiones de radiación- temperatura 51
Fig. 3 Grafica de exactitud por temperatura sensor infrarrojo 52
Fig. 4 Diagrama de componentes del dispositivo electrónico 54
Fig. 5 Diagrama de conexión del sensor DHT-11 55
Fig. 6 Diagrama de conexión de sensores MXL en forma simultánea 55
Fig. 7 Diagrama de conexión de Sd shield al Arduino 56
Fig. 8 Tarjeta felónica de conexión 57
Fig. 9 Ventilador 4 x 4 cm 57
Fig. 10 Pantalla de Bienvenida en LCD 58
Fig. 11 Conexión de pantalla LCD 58
Fig. 12 Diagrama de conexión de pantalla LCD 58
Fig. 13 Interruptor de energía 59
Fig. 14 Conector USB 59
Fig. 15 Componentes del dispositivo conectados para prueba 59
Fig. 16 soporte de acero vertical 61
Fig. 17 Soporte con cable de acero para sujetar desde azotea 61
Fig. 18 Diagrama de codificación de datos 62

Índice de tablas.

Tabla 1 Análisis comparativo de plataforma electrónica de microcomponentes. 40
Tabla 2 Especificaciones técnicas 44
Tabla 3 Comparativa de Arduino vs Arduino mega2560 45
Tabla 4 Comparativa de los sensores de humedad y temperatura 46
Tabla 5. Análisis de sensores 48
Tabla 6. Disposición y color de cables en conexiones en dispositivo. 60
Tabla 7 Código general del sistema de monitoreo 62
Tabla 8. Datos importados al archivo de Excel. 65

Agradecimientos

Los diferentes factores que se conjuntan para alcanzar metas y anhelos no son del todo apreciables, pues muchos de ellos pertenecen al quehacer cotidiano o son resultado de las relaciones familiares, laborales, de amistad y aún de personas que se conocen en el contexto del proyecto. Para observarlos fue necesaria la reflexión de cómo se realizó el estudio de la maestría.

En orden del proceso, agradezco a los docentes de la Carrera de Arquitectura, del ITQ, especialmente a quienes me animaron a continuar con los estudios de Maestría y me alientan con su ejemplo, a seguir adelante en la disciplina de la investigación científica.

Agradezco a los integrantes de mi familia que me ayudaron por amor, de maneras diversas, soy muy afortunada de tenerles tan cerca, no hay palabras que puedan describir tantas atenciones, palabras, recursos y muestras de apoyo al logro de este grado.

A Quien me ama de manera indescriptible y pone en mí el querer como el hacer por su buena voluntad, para siempre gracias.

Y por supuesto agradezco a quienes me acompañaron en los estudios, al comité de dirección de tesis, profesores y compañeros de clases, quienes colaboraron con sus conocimientos disciplinares para enriquecer mi persona y trabajo.

Dedicatorias

Este trabajo lo dedico a los alumnos que me han acompañado en los procesos de enseñanza – aprendizaje en diferentes asignaturas y proyectos, quienes me inspiran a seguir aprendiendo a ser mejor persona…

A mis hijos, que siguen acudiendo al aula familiar en casa y con quienes sigo aprendiendo a aprender…

A mis alumnos en la escuela de la vida, que aprenden a superar conmigo el éxito de la victoria y el dolor de la derrota…

¡Nunca se rindan!

Resumen

El presente proyecto tiene por objeto el monitoreo de la temperatura ambiente, humedad y temperatura superficial del exterior e interior de los muros de la envolvente de un espacio arquitectónico, mediante un dispositivo electrónico que mide y registra los valores de las variables en forma simultánea, por periodos preestablecidos, en una memoria digital *micro SD*, obteniendo datos que se importan a un archivo de Excel para elaborar gráficas de comportamiento higrotérmico, que contribuyen para el análisis de edificaciones referentes.

Palabras clave
Monitoreo de temperatura, envolvente edificada, comportamiento higrotérmico, temperatura superficial, humedad relativa.

Abstract

The purpose of this project is to monitor the ambient temperature, humidity and surface temperature of the exterior and interior of the walls of the enclosure of an architectural space, using an electronic device that measures and records the values of the variables simultaneously, by pre-established periods in a micro SD digital memory, obtaining data that is imported into an Excel file to produce graphs of hygrothermal behavior, which contribute to the analysis of reference buildings.

Keywords
Temperature monitoring, built-in envelope, hygrothermal behavior, surface temperature, relative humidity.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema.

El nivel de vida y confort que caracteriza la sociedad actual implica un elevado consumo energético que constituye la causa principal del cambio climático. El aumento de la frecuencia de periodos calientes/olas de calor, episodios de lluvias torrenciales, áreas afectadas por la sequía y la aparición de los frentes fríos modifica, en algunos casos drásticamente, el microclima del contexto físico urbano (UN, HABITAT, 2011).

Existe una creciente preocupación por la conservación del medioambiente, y los gobiernos de diferentes naciones se han reunido en la búsqueda de soluciones para modificar el empleo de los recursos existentes y corregir los consumos de energía innecesarios. El acuerdo de París, que contiene las directrices en el marco global de cooperación internacional y las alianzas de los gobiernos locales en la lucha contra el cambio climático, es un ejemplo de los esfuerzos en pro de la utilización racional de los recursos energéticos, tecnologías más eficientes, integración de energías renovables y planificación de estrategias a nivel local y nacional (ONU, 2015), es decir, continuar el reto que define el desarrollo sustentable que consiste en buscar la posibilidad de conseguir un mayor grado de avance para mantener una identidad sin merma de calidad o cantidad del nivel de actividad, transformación y progreso, en los ámbitos, social, económico y ambiental (Rey Martínez, Eloy, & M., 2018).

Existe también de manera consensuada la intención de comenzar urgentemente un cambio fundamental en los patrones de producción y consumo de la energía, es decir una transformación del ciclo completo: generación, distribución y consumo responsable de energía. Proceso que debe completarse con el uso de las energías renovables existentes y las medidas de eficiencia energética, reduciendo al mismo tiempo las emisiones de GEI 8a la atmósfera para limitar el calentamiento global del planeta.

Las estrategias para reducir el inmoderado consumo de la energía se tipifican en dos: la reducción del consumo mediante el cambio de hábitos de derroche y la mejora de la eficiencia en el empleo de la energía para ejecutar una misma cantidad de trabajo. Si se mejora el uso de la energía causa una mayor producción neta útil de todas las alternativas energéticas: se hace más con menos, al mismo tiempo se hace una reducción en la incorporación de dióxido de carbono a la atmósfera y es la manera más rápida, barata y mejor para disminuir el calentamiento global por la reducción del consumo de combustibles fósiles. Un ejemplo de hacer más con menos es aumentar el aislamiento térmico de las viviendas y edificios. La demanda excesiva de energía se debe a una inadecuada aplicación final de los materiales y la falta de estrategias de diseño arquitectónico bioclimático (Vega de Kuyper & Ramírez Morales, 2014).

Las acciones cuyo objetivo es la reducción del consumo de energía de origen fósil en las edificaciones se han enfocado a dos puntos principales: La reducción de demanda energética en nuevas edificaciones y las soluciones tecnológicas de reducción de energía para mantener el nivel de confort en la actividad destinada al edificio existente.

Dentro de las políticas y normatividad que se han establecido, se fomenta la sostenibilidad en los edificios solicitando que todos cumplan con una serie de requisitos mínimos de eficiencia energética, adaptados a las condiciones del microclima, introduciendo la certificación energética, que observa la eficiencia desde diferentes aspectos:

- Mejora en la envolvente del edificio.
- Aumento del rendimiento de las instalaciones de calefacción, agua caliente y equipos de aire acondicionado.
- Mejora en el rendimiento de los sistemas de iluminación.
- Integración de aspectos energéticos y medioambientales conjuntos (manejo de agua, manejo de residuos, áreas verdes, viveros, etc.)

En la mejora de la envolvente del edificio se consideran: la calidad de los materiales, los aislamientos y los criterios bioclimáticos de diseño arquitectónico (Rey Martínez, Eloy, & M., 2018).

Existe la norma oficial mexicana de eficiencia energética en edificaciones (NOM-008-ENER-2001), que limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento, en la que se calcula la ganancia de calor en alguna envolvente existente comparada con la de un edificio nuevo. Sin embargo, en el caso de edificaciones en que se desconocen los componentes de la envolvente, o en pruebas de nuevas combinaciones de materiales, los datos del comportamiento térmico no pueden calcularse.

En México, no es posible obtener información completa y certera sobre las características climatológicas en todas las regiones del país y existe poca accesibilidad a mapas, e información geoestadística para realizar estudios que permitan observar el comportamiento de la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones en un microclima.

La caracterización del microclima permite conocer los requerimientos ambientales para el diseño adecuado de un espacio arquitectónico, cuando estas variables del clima no son consideradas en la realización del proyecto, se construyen envolventes edificatorias que generan demandas energéticas innecesarias al habitarse el edificio.

Existe software para estimar condiciones climáticas para un punto exacto en la geografía y observar comportamientos de asoleamiento en un modelo tridimensional pero la desvinculación de datos reales del microclima y el desconocimiento de los materiales combinados de la envolvente no permite obtener resultados confiables (García-Alvarado, A., W., Bobadilla, & Muñoz, 2014).

Este proyecto consiste en utilizar herramientas tecnológicas para monitorear las siguientes variables climáticas: temperatura del aire, humedad relativa, y temperatura superficial en el interior y exterior de la envolvente que impactan al comportamiento térmico en el interior de un espacio arquitectónico, indispensables para plantear

estrategias de eficiencia energética acorde al entorno climático, ya que no existen registros de análisis similares de forma accesible.

Objetivos.

Objetivo general.

Desarrollar un sistema de monitoreo del comportamiento higrotérmico de un espacio arquitectónico interior y las condiciones higrotérmicas del exterior que impactan sobre la envolvente edificada a través de un dispositivo electrónico para visualizar las lecturas registradas en forma gráfica.

Objetivos específicos.

1. Determinar el proceso de monitoreo higrotérmico del espacio arquitectónico para determinar las variables y los rangos de medición en los muros que delimitan el espacio arquitectónico.
2. Identificar los instrumentos digitales adecuados para medir la humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial del muro delimitante, en el interior y exterior de un espacio arquitectónico para conformar el dispositivo electrónico.
3. Diseñar e integrar el dispositivo electrónico y la estructura de soporte para medir la temperatura ambiente, la humedad y la temperatura superficial en el interior y el exterior del muro de la envolvente sujeto de estudio.
4. Codificar las lecturas a través de software en gráficas comparativas que permita la visualización del comportamiento higrotérmico para facilitar la toma de decisiones en el diseño de estrategias de diseño arquitectónico bioclimático

Metas.

1. Diseño del dispositivo electrónico para mediciones de temperatura del aire, humedad relativa, y temperatura superficial en la envolvente de un edificio, durante los dos primeros semestres.

2. Ensamble del dispositivo electrónico para medir el comportamiento de las variables en el tercer semestre.
3. Presentación de resultados derivado del sistema de monitoreo de humedad y temperatura, en cuarto semestre.

Hipótesis.

Mediante el dispositivo electrónico de medición es posible medir y registrar las variables climáticas de temperatura, humedad relativa y temperatura superficial en el interior y exterior de la envolvente de un edificio en intervalos establecidos, para obtener los datos del comportamiento higrotérmico de edificaciones referentes.

Justificación.

Las mediciones de los efectos térmicos en la envolvente de los edificios nos permiten definir las características que ésta debe tener, para poder equilibrar a través de la humedad y su distribución, los impactos térmicos externos de diferentes regiones y exposiciones. Las cargas de temperatura diaria se retardan y distorsionan al filtrarse a través de los elementos de la fachada. Estas dos funciones propias de los materiales pueden ser utilizadas de manera muy favorable para conseguir el equilibrio de las condiciones existentes en el interior de una edificación (OLGYAY, 1998).

Las medidas de temperatura y humedad que registra el sistema de monitoreo higrotérmico de espacios arquitectónicos permiten mediante la manipulación y el proceso de datos, realizar gráficas de comportamiento higrotérmico de envolventes con materiales combinados y de orientaciones específicas.

Al tener conocimiento del comportamiento higrotérmico con respecto a la combinación de ciertos materiales, la forma y la orientación, se podrán aplicar más puntualmente

conceptos de geometría solar y métodos de adaptación climática natural a los espacios arquitectónicos.

El sistema de monitoreo higrotérmico será empleado en el laboratorio de Arquitectura Bioclimática en el ITQ, Campus Norte, con la intención de proveer a los estudiantes herramientas para registro de datos útiles en estrategias bioclimáticas para proyectos de diseño urbano arquitectónico sustentable acorde a las políticas estatales, nacionales e internacionales en temas de sustentabilidad.

Este proyecto contribuye con los del programa institucional anual 2018,
Proyecto 2. Formación docente,

- 1.1.3 para promover el desarrollo docente y profesional del profesorado (formación, actualización y capacitación).

En el proyecto 10. Fortalecimiento de la infraestructura educativa, científica y tecnológica.

- 4.4.4. Propiciar el aprovechamiento compartido de las instalaciones para las actividades científicas, tecnológicas y de innovación
- 6.2.2 Fortalecer la infraestructura física y el equipamiento de los institutos, unidades y centros de nueva creación.

Alcances y limitaciones.

El dispositivo electrónico para monitorear la temperatura superficial, temperatura ambiente y humedad relativa, producto de este proyecto, se adapta a los muros de la envolvente de un espacio arquitectónico para analizar los datos con relación a la temperatura ambiente, temperatura superficial y humedad relativa del exterior, para obtener gráficas de comportamiento higrotérmico de muros. Los datos de la cubierta y del piso no son elementos de este proyecto.

Las estrategias bioclimáticas de intervención se originan a partir de los resultados del comportamiento higrotérmico por lo que no se describen en este documento.

La implementación de diferentes puntos de medición está supeditada al recurso económico que se dedique en los proyectos de investigación que permitan en su presupuesto replicar los dispositivos.

En el caso de envolventes de vidrio, los sensores infrarrojos deberán ser cambiados por sensores termopar en caso de requerirse la temperatura superficial interior y exterior de los vidrios con otro tipo de dispositivo electrónico.

Infraestructura y/o recursos.

Los recursos disponibles para el sistema son de aportación personal, con opción a ser replicados en diferentes proyectos de investigación que participen en las convocatorias del TecNM en el ITQ.

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

Generalidades.

Los datos reales del comportamiento de los materiales de construcción que albergan un espacio arquitectónico en determinadas condiciones geográficas aportan los parámetros para la optimización de los recursos y finalmente la realización de edificaciones adecuadas al emplazamiento.

Las edificaciones son diseñadas para sostener la vida del ser humano, porque son una estructura que realiza un trabajo tan importante como el que realiza el cuerpo.
El cuerpo humano, la casa original, sostiene la vida del ser humano proveyendo cuatro funciones básicas:
Primero, es una estructura autosostenible que define un interior y un exterior. Esta estructura está interconectada por una red de huesos, nuestro esqueleto que alberga un espacio para que cada sistema funcione de manera adecuada.

Segundo, el cuerpo mantiene una temperatura estable en el interior frente a la temperatura fluctuante en la superficie de dos maneras:

- produce calor metabolizando alimentos y refrigera al mismo, mediante la respiración, la sudoración y otras formas de disipar el calor
- almacenando calor gracias al 70% de la masa corporal, el agua.

Tercero, el cuerpo humano crea una separación de los elementos externos que causan daños, la piel rechaza agua y aire impuro y el sistema inmune lucha contra invasores patógenos.

Finalmente, el cuerpo mantiene constante intercambio con el exterior.

El cuerpo es la casa original, pero al moverse el ser humano de un lugar a otro en el planeta fue encontrando los diferentes climas que le demandaron necesidades de adaptación, la ropa fue una innovación, una segunda piel que ayuda al cuerpo a mantener estable el interior.

La edificación sostiene la vida del ser humano en medio de climas y contextos difíciles actuando mediante las cuatro funciones básicas que el cuerpo humano provee: tiene una estructura que se sustenta y define un interior y un exterior, mantiene una temperatura para sostener la vida a ante temperaturas adversas en la superficie, crea una separación del exterior y le protege de fuerzas destructivas y mantiene intercambio con el exterior y obtiene lo necesario para que sus habitantes puedan subsistir (Snell, 2009).

Factores del ambiente térmico.

La respuesta del hombre al ambiente térmico depende, primordialmente de un equilibrio muy complejo entre su nivel de producción de calor y su nivel de pérdida de calor. El calor que resulta del metabolismo natural del cuerpo, sobre todo durante el trabajo, mantiene al cuerpo a una temperatura superior a la que lo rodea en el ambiente común. Al mismo tiempo, el calor se pierde constantemente del cuerpo por la radiación, la convección y la evaporación, de manera que, en condiciones normales de descanso, la temperatura del cuerpo se mantiene en su estrecho rango de los 36.1 a los 37.2 grados Celsius (97 a 99 grados Fahrenheit).

Estas temperaturas se refieren a las condiciones internas del cuerpo y no simplemente a las temperaturas superficiales de la piel. Mientras que las temperaturas de la piel pueden fluctuar en un rango bastante amplio sin que se produzca un daño grave en la ejecución o en la salud, la temperatura profunda del cuerpo debe mantenerse en un rango muy estrecho de temperaturas.

El equilibrio térmico del cuerpo es mantenido por un sistema de autorregulación muy complejo, controlado por el hipotálamo, área del cerebro. Cada vez que el cuerpo

necesita perder calor, esta área hace que se dilaten los vasos sanguíneos, que las glándulas sudoríparas produzcan un sudor frío, que se incremente el ritmo de la respiración y que disminuya el ritmo del metabolismo del cuerpo.

En condiciones de frío, cuando el cuerpo necesita conservar y aun generar calor, el hipotálamo hace que los vasos sanguíneos se constriñan y que la sangre se desaloje de la superficie cutánea de las extremidades causando un color azulado e incrementa el ritmo metabólico por medio de la inducción de actividades incontroladas de los músculos, las cuales son descritas como escalofríos. Así pues, por medio de estos procesos, la temperatura óptima del cuerpo se mantiene en las condiciones ambientales externas más adversas.

En algunos casos, este sistema de autorregulación muestra ser inadecuado y el cuerpo pierde o gana más calor del que necesita. Cuando pasa esto, dependiendo de la cantidad de calor que se gane o se pierda, se puede llegar progresivamente, a una reducción en el desempeño, a un daño a la salud e incluso a la muerte. Por tanto, cualquier análisis acerca de los efectos de las condiciones termales es complicado, debido a la necesidad de analizar y evaluar los efectos de calor y del frío separadamente.

El fenómeno térmico se estudia mediante cuatro factores que componen y caracterizan el ambiente térmico:

- Temperatura seca del aire
- Temperatura radiante media
- Velocidad del aire y humedad
- Interrelacionados con: el calor metabólico y la vestimenta (R. Mondelo Pedro, 2001).

Temperatura seca del aire.

La temperatura del aire constituye uno de los parámetros principales para determinar el grado de confort térmico de un espacio y se refiere básicamente al estado térmico del aire a la sombra. Es uno de los parámetros fundamentales, ya que para poder determinar si las personas sienten frío o calor en un lugar es necesario contar con los datos de temperatura y humedad. Estos datos se remiten a gráficas ya desarrolladas en las cuales se puede estimar con cierta fiabilidad la zona en la cual la mayor parte de las personas se encontrarían confortables. Además, con estos datos se puede determinar si un espacio de la vivienda, o la vivienda en general, se mantiene dentro de rangos adecuados o no. Se entiende por temperatura seca del aire, la temperatura del aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean ese ambiente concreto, y de los efectos de la humedad relativa y de los movimientos de aire.

Humedad relativa.

La humedad relativa es otro de los parámetros de importancia para determinar el nivel de confort de un espacio, ya que afecta en gran medida la sensación térmica. Asimismo, es uno de los parámetros sobre el que se puede incidir directamente a través de la aplicación de una serie de correcciones en el diseño o bien con la incorporación de determinados sistemas de acondicionamiento.

Es entendida como la cantidad de agua que contiene el aire, por lo que si su valor es elevado durante un día de calor puede afectar negativamente la sensación térmica de un espacio ya que impide que las personas pierdan calor por evaporación de agua, generando cierta incomodidad por el sudor.

Pero, si este porcentaje de humedad relativa es muy bajo, el organismo también responde negativamente debido a que se puede deshidratar. No obstante, en algunos casos la elevación de la humedad relativa hasta alcanzar valores medios hace que la humedad de la piel se evapore más fácilmente y el vapor cedido al respirar sea mayor incidiendo positivamente en el proceso de refrigeración del cuerpo al ceder el calor.

Los rangos de humedad relativa considerados apropiados, al igual que los de temperatura del aire, suelen ser muy discutidos. Algunos investigadores consideran cierto rango a lo largo de todo el año y en todo tipo de edificación, mientras que otros señalan que, debido a los cambios estacionales y a la reacción psicológica y fisiológica del hombre, es lógico pensar que los valores considerados apropiados varían del invierno al verano y, además, indican diferentes valores según el tipo edificatorio, según sus espacios y las actividades que se estén realizando.

El confort

La Organización Mundial de la Salud define la salud como “el estado de completo bienestar físico, mental y social del individuo y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”.

El término "confort" es un galicismo cuyo significado puede asimilarse al concepto de bienestar, aunque éste parece ser más amplio y relacionado directamente con la salud. Por otra parte, se describe el confort como el estado físico y mental en el cual el hombre expresa satisfacción (bienestar) con el medio ambiente circundante.

La palabra confort se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios, se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo, el cual ciertamente está determinado por el estado de salud del individuo, pero además por muchos otros factores, los cuales se pueden dividir en forma genérica en dos grupos:

1. Factores endógenos, internos o intrínsecos del individuo:

- Raza
- Sexo
- Edad

- Características físicas y biológicas
- Salud física o mental
- Estado de ánimo
- Grado de actividad metabólica
- Experiencia y asociación de ideas, etc.

2. Factores exógenos o externos y que no dependen del individuo:

- Grado de arropamiento
- Tipo y color de la vestimenta
- Factores ambientales
    - temperatura del aire
    - temperatura radiante
    - humedad del aire, radiación
    - velocidad del viento
    - niveles lumínicos
    - niveles acústicos
    - calidad del aire
    - olores
    - ruidos
    - elementos visuales, etc.

Los parámetros de confort son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en las sensaciones de los ocupantes. Se sostiene que estas condiciones pueden variar con el tiempo y el espacio y, pueden clasificarse en:

a) Parámetros Ambientales:
    - Temperatura seca del aire
    - Temperatura relativa
    - Humedad relativa
    - Velocidad media del aire
    - Temperatura radiante media.

b) Parámetros Arquitectónicos:
   - Adaptabilidad del espacio
   - Contacto visual y auditivo

Los parámetros ambientales son muy importantes y quizá son los que se han estudiado con mayor énfasis, ya que como pueden ser medidos se han determinado rangos y valores estándar dentro de los cuales se pueden mantener unas condiciones de bienestar para el individuo. Además, resulta evidente la influencia directa que tienen sobre las sensaciones de las personas y sobre las características físicas y ambientales de un espacio, sin ser determinante el uso y las actividades que allí se generan.

Los parámetros arquitectónicos están directamente relacionados con las características de las envolventes, la adaptabilidad del espacio y el contacto visual y auditivo que le permiten a sus ocupantes (R. Mondelo Pedro, 2001).

Confort térmico.

El confort térmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en el reacondicionamiento bioclimático de los edificios. Se refiere principalmente a las condiciones de bienestar en el individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad en un lugar determinado. No obstante, además de la temperatura y humedad del aire se ha de evaluar el estado del movimiento del aire y la temperatura de las superficies envolventes de las viviendas, ya que estas variables no solamente influyen sobre las primeras, sino que además afectan directamente a quienes las habitan.

Son múltiples los estudios sobre el confort térmico; de hecho, se han llegado a desarrollar fórmulas, tablas y gráficas que permiten de un modo o de otro hacer aproximaciones sobre las posibles condiciones de confort térmico de un lugar si se tienen algunos datos de los factores y de los parámetros ambientales ya mencionados. (Eadic, formación y consultoría, 2013).

Bienestar higrotérmico en espacios interiores.

El estudio de las condiciones higrotérmicas en el interior de la edificación se ha desarrollado desde mediados del siglo XX por la importancia para el bienestar del ser humano en la climatización de los espacios de trabajo y vivienda. Las condiciones en estos recintos cerrados pueden ser controladas y adaptarse a las necesidades de las personas que los utilizan.

Para comprender estas necesidades y qué relación tienen con las variables higrotérmicas, es necesario el estudio del balance de energía que se produce entre el ser humano y su entorno en espacios interiores. Los principales parámetros que intervienen en este balance son:

- radiación procedente fundamentalmente del recubrimiento de las superficies
- convección por el contacto con el aire
- evapotranspiración a través de la sudoración y la respiración
- conducción por contacto directo con las superficies.

Existen además en interiores otros parámetros vinculados al bienestar como son:

- tiempo de ocupación
- gradiente vertical de temperatura
- la asimetría radiante entre recubrimientos de la superficie
- la velocidad de variación de las temperaturas.

La medición del bienestar en los espacios interiores no se realiza así a través de las variables básicas o directas, sino a través de índices de bienestar, entre los que destacan por su utilidad, los derivados de los directos y los empíricos. Los conocimientos sobre bienestar resultan fundamentales para el correcto diseño de espacios interiores.

Es importante trabajar con la temperatura radiante para la evaluación del confort, ya que normalmente es despreciada por los sistemas tradicionales de evaluación derivados siempre del estudio de sistemas de climatización por aire. La importancia de

este parámetro se debe a que una gran parte de las estrategias pasivas dependen de las temperaturas de los paramentos. Algunos ejemplos serían la acumulación de calor proveniente de ganancias solares en invierno o el enfriamiento de los paramentos mediante la ventilación nocturna en verano. (Victoria Fernández Añez, 2013).

Instrumentos para medir temperatura.

Las temperaturas se miden con termómetros que pueden ser de diferentes tipos:
En los termómetros líquidos la sustancia termoscópica utilizada es un líquido cuya dilatación debe ser lo más regular posible y las temperaturas que reflejen sus cambios de estado deben encontrarse muy alejadas entre sí. Su utilización es muy sencilla, pero tienen el inconveniente de su fragilidad y su elevada constante de tiempo (entre 3 y 15 minutos). El líquido más satisfactorio es el mercurio, que además no moja el vidrio y permanece líquido y limpio desde los -40°C hasta los 350°C.

Los termómetros de resistencia se basan en un metal puro cuya resistencia eléctrica aumenta aproximadamente 0.4% por grado centígrado de incremento de temperatura. Como la medida de resistencia eléctrica se basa en general en una comparación con otras resistencias, es preciso mantener la de referencia a una temperatura fija y constante durante la medida. Las resistencias utilizadas suelen ser de hierro-níquel, o de platino, dependiendo de la zona de temperaturas en que se va a trabajar. Estos instrumentos permiten realizar medidas a distancia y su respuesta es lineal, aunque presentan altas constantes de tiempo (del orden de 7 minutos).

Los termómetros termoeléctricos se basan en la fuerza electromotriz que se produce cuando se sueldan dos hilos de metales distintos formando un circuito cerrado, siempre que las dos soldaduras estén a distintas temperaturas. La fuerza electromotriz para un par de metales dados depende de la diferencia de temperatura entre sus soldaduras. Aunque son instrumentos caros y su sensibilidad es baja, se utilizan en estudios fisiológicos, pues su constante de tiempo es baja (entre 30 y 50 segundos) y permiten hacer medidas remotas en varios puntos simultáneamente.

Los termistores son semiconductores en los que se produce un cambio sustancial en su resistencia como respuesta a un pequeño cambio de temperatura. Son instrumentos de uso sencillo que presentan una sensibilidad elevada y una constante de tiempo despreciable. Sus posibilidades para aplicaciones especiales son enormes. Entre los inconvenientes que implican hay que destacar su elevado precio y que su respuesta no es lineal, lo que obliga a constantes calibraciones. (German, Stephany, & Jesús, 2015).

Los sensores infieren la temperatura al detectar algún cambio en una característica física. Existen varios tipos de ellos:

- Sensores termopar, consisten en dos tiras o alambres de metales diferentes unidos en un extremo. Los cambios de temperatura en la junta inducen un cambio en la FEM (fuerza electromotriz) entre los otros extremos, a medida que la temperatura sube, esta FEM de salida del termopar aumenta, aunque no necesariamente en forma lineal.

- Termométricos de resistencia son los que aprovechan el hecho de que la resistencia eléctrica de un material se modifica al cambiar su temperatura. Los hay de dos tipos: los dispositivos metálicos conocidos como RTD (del inglés *resistance temperature detector*) que confían en el cambio de resistencia de un metal, con la resistencia aumentando en forma aproximadamente lineal y los termistores que se basan en el cambio de resistencia en un semiconductor de cerámica, donde la resistencia cae en forma no lineal con el aumento de la temperatura.

Los termómetros infrarrojos son dispositivos sin contacto que infieren la temperatura al medir la radiación térmica que emite un material.

Los dispositivos bimetálicos aprovechan la diferencia en la tasa de dilatación térmica entre diferentes metales. Se unen entre sí tiras o dos metales. Cuando se calientan, un lado se dilata más que el otro, y la curvatura resultante se traduce a una lectura de

temperatura mediante una articulación mecánica a un apuntador. Estos dispositivos son portátiles y no requieren una fuente de alimentación, pero son menos sensibles que los termopares y no son adecuados para el registro de la temperatura.

Los termómetros de cambio de estado consisten en etiquetas, pellets o gránulos, crayones, lacas o cristales líquidos cuya apariencia cambia una vez que se alcanza cierta temperatura. El tiempo de respuesta es de varios minutos por lo que estos dispositivos no responden a los cambios de temperatura transitorios y su precisión es menor, por otro lado, el cambio de estado es irreversible, excepto en las pantallas de cristal líquido. Estos sensores son útiles para confirmar temperaturas en algún material especial, por ejemplo, la medida de la temperatura de un producto en un embarque (R. Mondelo Pedro, 2001).

Sistemas electrónicos.

Sistema electrónico se llama al conjunto de elementos conformado por sensores, circuitos de procesamiento y control, actuadores y fuente de alimentación.

Los sensores captan la información del contexto físico y la transforman en una señal eléctrica que puede ser manipulada en los circuitos de control, existen sensores de varios tipos: de temperatura, de humedad, de movimiento, de sonido, etc.

Los circuitos internos manipulan la señal eléctrica conforme al diseño del hardware y a la programación de la ejecución autónoma del sistema en particular. Los actuadores transforman la señal eléctrica acabada de procesar por el circuito interno en energía que actúa directamente sobre el contexto exterior, por ejemplo: un motor, un altavoz, una bombilla, etc. La fuente de alimentación proporciona la energía necesaria para que se pueda realizar todo el proceso descrito, ejemplos de fuentes son las pilas, baterías, adaptadores AC/DC (acrónimo de "*Alternating Current/Direct Current*).

Un microcontrolador es un circuito integrado o “chip”, es decir, un dispositivo electrónico que integra en una sola unidad un gran número de componentes, con la ventaja de ser programable, es capaz de ejecutar en forma autónoma una serie de instrucciones previamente definidas. Se incluyen en su interior tres elementos básicos: CPU (unidad central de proceso), que ejecuta y controla cada instrucción, haciendo uso de los datos disponibles previamente (datos de entrada) y genera resultados (datos de salida) disponibles para continuar o finalizar el proceso.

Memorias de diferentes tipos que alojan las instrucciones y los datos necesarios para llevarlas a cabo. En general las memorias se encuentran en dos tipos, las que almacenan en forma permanente el contenido, aún tras un corte de alimentación eléctrica (persistentes) y las que pierden su contenido al dejar de recibir alimentación eléctrica (volátiles). Otro componente son las patillas de E/S (entrada/salida) que comunican al microcontrolador con el exterior y en las que pueden conectarse sensores para captar información del exterior o actuadores para ejecutar instrucciones (Torrente, 2013).

Arduino.

Se refiere en realidad a tres partes en una:

- Hardware.

Es una placa libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra, los cuales están unidos a las patillas E/S (entrada/salida) del microcontrolador que permiten conectar diferentes sensores y actuadores. La placa hardware es una PCB por sus siglas en inglés *printed circuit board*, placa de circuito impreso sobre un material no conductor (resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica o plástico) sobre las cuales existen pistas de material conductor, cobre en su mayoría que se utilizan para conectar eléctricamente los diferentes componentes, aunque tienen la desventaja de que no son fácilmente modificables.

Existen varias placas Arduino oficiales con diferentes características, aunque los microcomponentes incorporados son similares, de tipo AVR por sus siglas en inglés *Automatic Voltage Regulator* (Regulador automático de voltaje). La placa surgió en el 2003 como proyecto de un estudiante del Instituto de diseño de Ivrea, Italia (Torrente, 2013).

- Software.

Es un entorno de desarrollo gratis, libre y multiplataforma, ya que funciona en Linux, MacOS y Windows y permite escribir, verificar y guardar en la memoria del procesador las instrucciones que se deseen ejecutar para múltiples aplicaciones, mediante un cable conexión USB por sus siglas en inglés *universal serial bus* (puerto seriado universal).

Otra ventaja es que, una vez programado el microcontrolador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar de manera autónoma si se dispone de una fuente de alimentación.

Y de otra manera la placa puede permanecer conectada a un computador ejecutando algún software específico que le permita el intercambio de datos entre los dispositivos, este software específico se programa en algún lenguaje de programación estándar como C, Java, Php, etc, independiente del entorno de desarrollo de Arduino.

IDE. Las siglas vienen del inglés *Integrated Development Environment*, que traducido es Entorno de Desarrollo Integrado, en el caso de Arduino, se necesita de un IDE que permita escribir y editar el programa, llamado *sketch,* comprobarlo y grabarlo en la memoria del microcontrolador de la placa Arduino para que sea el ejecutor autónomo de la placa. Para desarrollar estos *sketches* se requiere instalar en el computador el IDE.

- Lenguaje de programación.

Es un idioma artificial diseñado para expresar instrucciones ordenadas bajo ciertas reglas sintácticas, contiene elementos parecidos a otros lenguajes como los bloques condicionales, los bloques repetitivos, la definición de variables y diferentes comandos que permiten especificar en forma coherente las instrucciones exactas del programa, se basa internamente en código C/C++ (lenguaje de programación multiparadigma) que permite crear programas usando más de un estilo de programación.

Los proyectos que pueden realizarse se emplean en diferentes ámbitos: robótica, domótica, monitorización de sensores ambientales, sistemas de navegación, telemática e incluye la posibilidad de desarrollo de productos electrónicos de innovación tecnológica (Ingeniería MCI Ltda. (Olimex Chile), 2017).

El voltaje de funcionamiento para la placa es de 5V(5 voltios), que se puede conectar desde una fuente externa por medio de un adaptador AC/DC, una batería en conexión con los bornes salientes de la placa o conectando el Arduino a un computador mediante cable USB, ya que dispone de un conector USB hembra de tipo B, teniendo la alimentación regulada de 5V con un máximo de 500 mA de corriente que origina una potencia de consumo de 2.5 W. Si en algún momento la intensidad de corriente aumentara por el conector USB, la placa está protegida con un polifusible reseteable que automáticamente rompe la conexión hasta que las condiciones eléctricas vuelven a la normalidad.

Existen dentro de la placa pines-hembra relacionados con la alimentación eléctrica:
GND *ground* (tierra), conectados a tierra para que todos los componentes la compartan. VIN *voltage input* (voltaje de entrada), para que la placa aporte a los componentes un voltaje dentro de los márgenes de seguridad cuando la placa se encuentre conectada a una fuente externa por medio de la clavija, si la placa se alimenta desde USB, entonces aportará 5V regulados, y en cualquier caso la placa aportará una intensidad de corriente máxima de 40mA, que deben tomarse en cuenta si se requiere conectar motores o componentes de alto consumo, 5V y 3V son otros

pines para conectar componentes y aportar corriente regulada, generando 40mA y 50mA de corriente máxima respectivamente (German, Stephany, & Jesús, 2015).

La placa Arduino dispone también de pines-hembra de entrada o salida digitales donde se conectan los sensores para que la placa pueda recibir datos del entorno o donde se conectan actuadores para que la placa pueda enviarles las instrucciones programadas, además de poder conectar cualquier otro componente con el que la placa necesite comunicarse, a estos pines digitales de propósito general se les llama GPIO siglas del nombre en inglés *General Purpose Input/Output.*

Contiene además entradas analógicas que pueden recibir voltajes dentro de un rango de valores continuos de entre 0 y 5V, aunque la placa realiza una conversión previa del valor analógico a un valor digital lo más aproximado posible, mediante un circuito conversor incluido. En el caso de que se requiera de señales análogas de salida, la placa no dispone de pines de salida analógica, sino que utiliza algunos pines digitales para simular el comportamiento analógico, que están señalados como pines PWM por sus siglas en inglés *Pulse Width Modulation*.

Existen otros pines con funciones específicas que además de sus funciones estándar son especializados, por ejemplo, los pines Rx (recepción) y Tx (transmisión) que reciben y transmiten datos en serie, posibilitando la comunicación con la placa sin necesidad de componentes intermediarios entre ellos.
Otro botón existente en la placa es el de reinicio "*reset*" que permite enviar una señal a la placa para parar y volver a arrancar el microcontrolador (Torrente, 2013).

Placa Arduino Mega 2560

Se fabrican variantes de la placa Arduino especializadas para condiciones específicas, para el caso la placa Arduino Mega 2560 tiene como características destacables que contiene 54 pines de entrada/salidas digitales de los cuales 14 de ellos pueden ser usados como salidas analógicas PWM *Pulse Width Modulation* (modulación de ancho de pulso), 16 entradas analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART.

Consta de una memoria flash de 256 Kbytes, una memoria SRAM *Static Random Access Memory* (memoria estática de acceso aleatorio) de 8 KB y una EEPROM *Electrically Erasable Progrmable Read-Only Memory* (memoria que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente) de 4KB, su voltaje de trabajo es de 5V (Torrente, 2013).

SD Shield

Un *shield* o escudo es una placa de circuito impreso que se coloca o se adapta a la placa Arduino y se conecta a ella mediante el acoplamiento de sus pines sin necesidad de ningún cable, su función es actuar como placa complementaria ampliando la funcionalidad de la placa Arduino. Por medio de la *shield* se puede incorporar un zócalo para colocar una tarjeta micro sd, la cual se podrá usar con la librería de programación que viene por defecto en el lenguaje Arduino.

Pantalla LCD

Es una pantalla de cristal líquido (siglas en inglés, *liquid cristal display*), delgada y plana conformada por diferentes pixeles colocados delante de una fuente de luz o reflectora que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica y que se utiliza para indicar mensajes o datos desde la placa Arduino (Torrente, 2013).

Normatividad

Derivado de los esfuerzos de gobiernos y organizaciones internacionales preocupados por el ahorro energético, se establecieron dentro de las normas oficiales mexicanas, la NOM-008-ENER-2008 y la NOM-020-ENER-2011que se refieren específicamente a las envolventes de las edificaciones.

En ellas se describe el proceso para realizar la certificación energética para proyectos arquitectónicos mediante el procedimiento teórico y el cálculo del gasto energético a

partir del análisis de una envolvente referente (ya existente) cercana al sitio del emplazamiento.

La primera norma se refiere a edificaciones de diferentes usos, sin incluir la habitacional, la segunda norma es exclusiva para envolventes de uso habitacional.

Aunque estas normas existen, en las diferentes dependencias de gobierno federal, estatal y municipal no se ha implementado un procedimiento claro de la aplicación y vigilancia de su cumplimiento en todos los proyectos arquitectónicos, pues los requisitos en cada dependencia se clasifican por uso y tamaño del edificio proyectado además, otras normas como los reglamentos de construcción o los programas y planes vigentes no tienen como prioridad el estudio de las envolventes, relacionado con el ahorro energético.

Antecedentes.

En el ámbito de la Arquitectura la búsqueda del confort térmico en el diseño de espacios es primordial, y debido al cambio climático las condiciones actuales están incidiendo en las variables que impactan directamente el confort en el interior de las edificaciones. Esta circunstancia demanda en el arquitecto la habilidad de proponer intervenciones tecnológicas como respuesta a las nuevas condicionantes.
Los estudios realizados a casos particulares son importantes, ya que mediante los resultados de dichas investigaciones se pueden hacer proyectos de intervención, de reconstrucción y de aprovechamiento de la energía de una manera puntual.

El uso de estrategias de diseño bioclimático colabora con el ahorro energético y el aprovechamiento de los recursos, es pues este trabajo parte de los estudios que contribuyen al conocimiento de los comportamientos de la envolvente de los edificios.

Otro aspecto importante es la transmisión de este conocimiento a los profesionales en formación, el que este sistema de monitoreo se use en el laboratorio de Arquitectura

Bioclimática permite que los estudiantes tengan más herramientas que les permitan entender el comportamiento de las envolventes.

Existen algunos casos de estudio que se han desarrollado con dispositivos similares:

- Monitoreo de temperatura y humedad en un campo de cultivo utilizando el protocolo bluetooth.

Es el diseño de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en un campo de cultivo usando como medio de transmisión el protocolo bluetooth. Se tiene un arreglo de sistemas digitales distribuido en el campo de cultivo, integrados, cada uno, por los siguientes elementos: un sensor de temperatura y humedad, un microcontrolador y un módulo bluetooth. Se cuenta además con otro sistema digital portátil integrado por un microcontrolador y un módulo bluetooth, con el cual se hace un recorrido para recolectar y almacenar cada determinado tiempo la información de temperatura y humedad del campo (José Ignacio Vega, 2014).

- Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México.

La investigación cuyo objetivo fue determinar el grado de adaptabilidad higrotérmica, al interior de la vivienda tradicional durante el año de 2013 en Tampico, México. Según el nivel de conocimiento científico y observación al que llega el investigador, formula que el trabajo es en primera instancia diacrónico, conformado como estudio de caso, porque analiza el problema de investigación en su génesis y conformación histórica con una visión de conjunto. El comportamiento térmico es el hilo conductor, por lo tanto, la metodología a implementar es de tipo multimodal y por triangulación, ya que los diferentes métodos aplicados ofrecen el acercamiento cuantitativo y cualitativo a la investigación experimental aplicada para identificar patrones oscilantes de temperatura y humedad relativa solamente, no realizados con anterioridad en este tipo de vivienda (Fuentes Pérez, 2014).

- Monitoreo del comportamiento térmico de distintos recubrimientos en techos mediante el uso de una red inalámbrica de sensor (WSN) para la predicción de temperatura con redes neuronales.

En la Universidad Autónoma de Querétaro se realizó un proyecto en los salones de clases del edificio H (área de posgrado) de la facultad de ingeniería. Este edificio cuenta con 6 salones de clases. Para el estudio se seleccionaron las aulas 1, 3, 5 y 6. Teniendo diferente cubierta en el techo cada una.

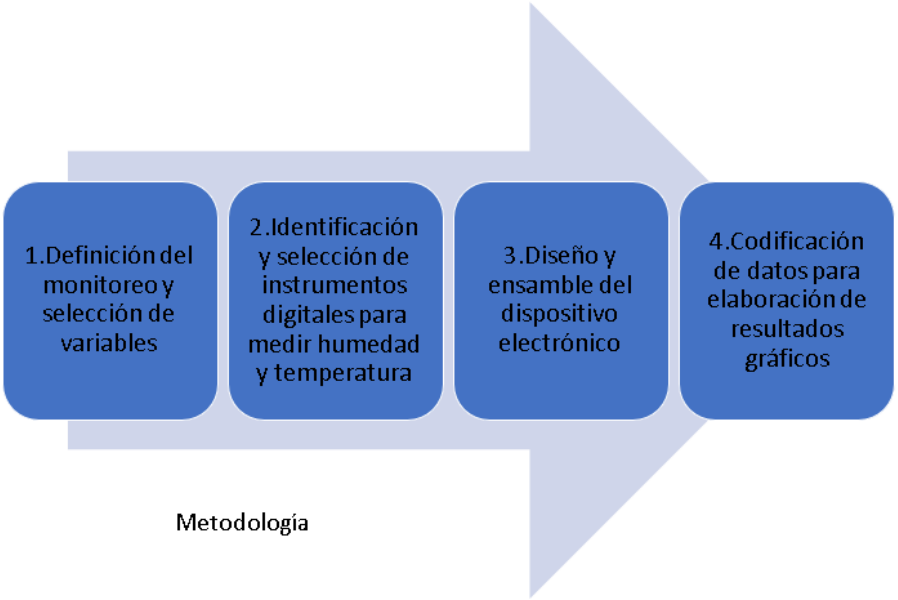
Para conocer el comportamiento de la temperatura interior de dichos salones con sus respectivas cubiertas se planteó el desarrollo de este trabajo, teniendo como objetivo principal el diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos de 2 parámetros ambientales (temperatura y humedad relativa) y el modelo predictivo mediante redes neuronales artificiales para conocer el comportamiento de la temperatura interna de las aulas con un 1ºC máximo de diferencia pronosticado a los 10, 20 y 30 minutos y demostrar que con dicho sistema se podrá tomar una acción adecuada para mantener la comodidad de los usuarios.

Con este objetivo y el cumplimiento de la Hipótesis que es la comprobación mediante la adquisición de temperatura de la superficie del techo por medio de una red inalámbrica de sensores en combinación con una RNA se permite predecir el comportamiento térmico dentro de un inmueble.

Para realizar y cumplir esta Hipótesis y objetivo se realizaron los sistemas de adquisición de datos, en los cuales se encuentra el sistema de comunicación inalámbrica ZigBee. Esta tecnología ayuda a la comunicación de los nodos o elementos terminales con la computadora central, en donde se procesan los datos muestreados de los 8 sensores. De los cuales se colocaron 2 en cada salón, uno al interior y otro en el exterior. Los datos muestreados son las entradas en la red neuronal artificial para poder predecir la temperatura a los 10, 20 y 30 minutos de cada salón de clases.

Aunado a eso se hizo un análisis de la varianza en una vía de los datos de cada tipo de salón de clases y un análisis de estadística descriptiva. Este estudio ayudó para concluir que el techo verde en época de otoño e invierno tiene un comportamiento similar a un techo con cartón asfaltico pintado de rojo (Curiel Razo, 2011).

Capítulo 3. METODOLOGÍA



Descripción de la metodología.

Primero se define el proceso de monitoreo mediante el cual se reúne, observa, estudia y manipula información para luego poder realizar un seguimiento de un programa o hecho particular (Venemedia comunicaciones C. A., 2011) en este caso de humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial, tanto en el interior como en el exterior del espacio arquitectónico, con la finalidad de observar el impacto que tienen los factores del microclima sobre la envolvente del espacio arquitectónico específicamente en este proyecto los muros.

En segundo lugar, se identifican y seleccionan los instrumentos digitales (sensores) adecuados para medir la humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial del muro delimitante, mediante un análisis comparativo de los modelos existentes y se realizan pruebas individuales para conocer y comprobar su funcionalidad para integrar el dispositivo electrónico.

Tercero, se diseña y ensambla el dispositivo electrónico y la estructura de soporte para monitorear y registrar las medidas de humedad, temperatura ambiente y superficial en el interior y el exterior del muro de la envolvente del espacio arquitectónico en estudio.

Finalmente se describe la manera de codificar las lecturas obtenidas en el dispositivo electrónico con software para obtener gráficas comparativas que permitan la visualización del comportamiento higrotérmico de la envolvente referente para contribuir a la toma de decisiones en el diseño arquitectónico bioclimático.

Desarrollo de la metodología.

1. Definición del monitoreo y selección de variables.

En el análisis de edificaciones referentes, el emplazamiento de la edificación presenta condiciones específicas de clima, determinado por los factores: longitud, latitud, altitud, temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento. Una vez ubicado el predio en sus principales coordenadas geográficas, el conocer el comportamiento higrotérmico aporta datos relevantes para el diseño de nuevos espacios, en terrenos con condiciones similares a los edificados.

El comportamiento higrotérmico del interior del espacio está determinado por las condiciones climáticas del exterior que impactan sobre la envolvente que, conforme a la combinación de materiales, orientación, colores, texturas y dimensiones, produce un microclima al interior.

Las variables que se monitorean para determinar el comportamiento higrotérmico son: Humedad relativa y temperatura ambiente. Con el fin de recolectar datos de las envolventes combinadas se miden al mismo tiempo las temperaturas superficiales por el exterior y el interior.

Para establecer los rangos de las variables que serán medidas se tomaron en cuenta las características del clima en el Estado de Querétaro que son monitoreados por diferentes organismos gubernamentales y privados.

En el caso de que este sistema de monitoreo sea utilizado en otras latitudes es necesario revisar si los rangos de los sensores de temperatura son los adecuados.

2. Identificación y selección de instrumentos digitales para medir la humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial.

Mediante la investigación documental descrita en el capítulo anterior, se propusieron algunos componentes para las mediciones de temperatura y humedad, mediante una búsqueda en el mercado local se encontraron los siguientes hallazgos:

Existen principalmente dos las plataformas de microcomponentes más comunes para la propuesta del dispositivo electrónico, en la tabla 1 se encuentra un comparativo:

Tabla 1 Análisis comparativo de plataforma electrónica de microcomponentes.

Raspberry Pi	***Arduino***
Es un microprocesador, es decir un ordenador que dispone de 256 o 512 MB de memoria RAM.	Es un Microcontrolador para conectar con el ordenador directamente y programar diferentes funciones para sus sensores
Viene con un sistema operativo Linux, el más común es Raspbian.	No tiene un sistema operativo propio.
Tiene salida para Ethernet, tiene varias salidas USB y HDMI.	Sólo puede conectarse a internet si se compra una caja con salida para Ethernet.
Se utiliza normalmente para quienes profundizan en el programa además de la electrónica a la que se le pueden conectar diferentes componentes electrónicos o periféricos extra.	Práctico para el aprendizaje de la electrónica y para crear proyectos de robótica, pues cuenta con diferentes salidas para conectar una variedad de sensores y actuadores de forma clara y sencilla.

Es compleja en proyectos sencillos.	Es muy práctico en la elaboración de proyectos sencillos.
La salida HDMI le proporciona la posibilidad de poder conectar un monitor en HD para obtener imágenes en alta definición.	Esta opción no está disponible.
La velocidad de la placa es 700MHz	Velocidad de la placa es de 16MHz
Creada para proyectos estudiantiles relacionados con el aprendizaje de la informática	Creada para proyectos estudiantiles relacionados con el aprendizaje de la electrónica.
PRECIO ACTUAL	
$ 899.00	$ 359.00

Después de conocer las principales diferencias entre Raspberry pi y Arduino se selecciona la placa Arduino por la diversidad de sensores que se le pueden conectar, la facilidad de programación y el precio son características deseadas, en su modelo MEGA 2560.

Es una versión ampliada de la tarjeta original de Arduino dispone de 54 entradas/salidas digitales, 14 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM (modulación de anchura de pulso). Además, dispone de 16 entradas analógicas, 4 UART's (puertas series), un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP y un pulsador para el *reset*. Para empezar a utilizar la placa sólo es necesario conectarla al ordenador a través de un cable USB, o alimentarla con un adaptador de corriente AC/DC. También, para empezar, puede alimentarse mediante una batería.

Una de las diferencias principales de la tarjeta Arduino MEGA 2560 es que no utiliza el convertidor USB-serie de la firma FTDI. Por lo contrario, emplea un microcontrolador Atmega8U2 programado para actuar como convertidor de USB a serie, de manera que no es necesario agregar ningún dispositivo externo para programar el microcontrolador.

Esta placa debido a su gran poder es utilizada para grandes proyectos, entre los más importantes se encuentras los de DOMÓTICA.
El Arduino MEGA2560 es compatible con la mayoría de los shield o tarjetas de aplicación/ampliaciones disponibles para las tarjetas Arduino UNO original.
Las características principales son:

- Microprocesador ATmega2560
- Tensión de alimentación (recomendado) 7-12V
- Integra regulación y estabilización de +5Vcc
- 54 líneas de Entradas/Salidas Digitales (14 de ellas se pueden utilizar como salidas PWM)
- 16 Entradas Analógicas
- Máxima corriente continua para las entradas: 40 mA
- Salida de alimentación a 3.3V con 50 mA
- Memoria de programa de 256Kb (el bootloader ocupa 8Kb)
- Memoria SRAM de 8Kb para datos y variables del programa
- Memoria EEPROM para datos y variables no volátiles
- Velocidad del reloj de trabajo de 16MHz
- Reducidas dimensiones de 100 x 50 mm

Fig. 1 Placa Arduino Mega 2560

El Arduino Mega puede ser alimentado vía la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. El origen de la alimentación se selecciona automáticamente.

Las fuentes de alimentación externas (no-USB) pueden ser tanto un transformador o una batería. El transformador se puede conectar usando un conector macho de 2.1mm con centro positivo en el conector hembra de la placa. Los cables de la batería pueden conectarse a los pines Gnd y Vin en los conectores de alimentación (POWER).

La placa puede trabajar con una alimentación externa de entre 6 a 20 voltios. Si el voltaje suministrado es inferior a 7V, el pin de 5V puede proporcionar menos de 5 Voltios y la placa puede volverse inestable; si se usan más de 12V los reguladores de voltaje se pueden sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son los siguientes:

- **VIN.** La entrada de voltaje a la placa Arduino cuando se está usando una fuente externa de alimentación (en opuesto a los 5 voltios de la conexión USB). Se puede proporcionar voltaje a través de este pin, o, si se está alimentando a través de la conexión de 2.1mm, acceder a ella a través de este pin.
- **5V.** La fuente de voltaje estabilizado usado para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa. Esta puede provenir de VIN a través de un regulador integrado en la placa, o proporcionada directamente por el USB u otra fuente estabilizada de 5V.
- **3V3.** Una fuente de voltaje de 3.3 voltios generada por un regulador integrado en la placa. La corriente máxima soportada 50mA.

- **GND.** Pines de toma de tierra.

EL Arduino Mega facilita en varios aspectos la comunicación con la PC, otro Arduino u otros microcontroladores. El ATmega2560proporciona cuatro puertos de comunicación vía serie UART TTL (5V). Un ATmega16U2 integrado en la placa canaliza esta comunicación serie a través del puerto USB y los drivers (incluidos en el software de Arduino) proporcionan un puerto serie virtual en el ordenador.

El software incluye un monitor de puerto serie que permite enviar y recibir información textual de la placa Arduino. Los LEDS RX y TX de la placa parpadearán cuando se detecte comunicación transmitida a través de la conexión USB (no parpadearán si se usa la comunicación serie a través de los pines 0 y 1).
La librería Software Serial permite comunicación serie por cualquier par de pines digitales del Mega (Llamas, 2016).

El ATmega2560 también soporta la comunicación I2C (TWI) y SPI. El software de Arduino incluye una librería Wire para simplificar el uso del bus I2C. Para el uso de la comunicación SPI, ver la hoja de especificaciones (datasheet) del ATmega2560.

Tabla 2 Especificaciones técnicas

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de Operación	5 V
Voltaje de Entrada	7 – 12 V
Límites de Voltaje	6 – 20 V
Pines Digitales I/O	54 (15 PWM)
Pines PWM	15
Entradas Analógicas	16
Corriente en Pines I/O	20 mA
Corriente del Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB

S RAM	8 KB
EE-PROM	4 KB
Velocidad de Reloj	16 MHz
Longitud x Ancho	68.6 mm x 53.3 mm
Peso	37 g

De las características que se consideraron para la elección del modelo de Arduino para el proyecto, como lo indica la tabla 3, está el número de entradas/ salidas digitales, pues se requiere la conexión de tres sensores en forma simultánea.

Tabla 3 Comparativa de Arduino vs Arduino mega2560

Característica	**Arduino UNO**	**Arduino MEGA**
Microcontrolador	ATmega328	ATmega 2560
Velocidad de Reloj	16MHz	16MHz
Entradas / Salidas Digitales	14	54
Entradas Analógicas	3	16
Memoria Flash	32 Kb	256 Kb
Memoria SRAM	2 Kb	8 Kb
Memoria EEPROM	1Kb	4 Kb

Los criterios de selección para el sensor de humedad y temperatura DHT 11 fueron la accesibilidad para adquirirlo en el mercado local, la posibilidad de conexión con la plataforma Arduino, y las características físicas del rango de medición tanto de temperatura y de humedad. En la tabla 4 se observan las características de los diferentes modelos de sensores que se analizaron.

Tabla 4 comparativa de los sensores de humedad y temperatura

Humedad y temperatura	Rango de temperatura	Costo	Existencia
DHT -11	Alimentación:3-5V Consumo máximo de corriente 2.5mA Humedad: 20-80% con precisión del 5% Temperatura: 0-50ºC precisión +/-2ºC Tamaño: 15.5mm x 12mm x 5.5mm 4 pines con separación 2.54mm.	$42.00	De venta en el mercado local
DHT 11	Este sensor de temperatura y humedad proporciona una salida digital pre-calibrada. Un sensor capacitivo mide la humedad relativa y un termistor NTC la temperatura. Excelente fiabilidad y estabilidad a largo plazo. Tenga en cuenta que el sensor solo funciona para temperaturas superiores a 0 grados.	$197.55	Envío internacional
DHT22	Voltaje de entrada: 3.3-6V Corriente de medición: 1-1.5mA Corriente en standby: 40-50 uA Rango de Humedad: 0-100% Rango de Temperatura: -40 - 80 º Precisión Humedad: +/-2% Precisión Temperatura: +/-0.5 ºC	$251.10	Mercado local

DHT22	Este sensor de temperatura y humedad proporciona una salida digital pre-calibrada. Un sensor capacitivo mide la humedad relativa y un termistor NTC la temperatura. Excelente fiabilidad y estabilidad a largo plazo. Tenga en cuenta que el sensor solo funciona para temperaturas superiores a 0 grados.	$306.20	Envío internacional

Después de la selección se realizaron pruebas con el sensor para probar la conexión y obtener la biblioteca del software para la plataforma Arduino, observar los tiempos de respuesta y el funcionamiento para confirmar la elección para el proyecto, los resultados se describen en el apartado de Anexos.

Los sensores de la familia DHT, proporcionan de forma digital la temperatura y la humedad, con diferente precisión según el modelo.
Las características del DHT11 son:

- Funciona con 3,3 y 5V de alimentación.
- Rango de temperatura: de 0º a 50º con 5% de precisión (pero solo mide por grados, no fracciones)
- Rango de humedad: de 20% al 80% con 5% de precisión
- 1 Muestra por segundo
- Bajo consumo
- Devuelve la medida en ºC.
- Bajo costo

El chip incorpora electrónica para hacer internamente la conversión de temperatura y humedad y nos da un valor de medida de forma digital, es decir, que no necesitamos un pin analógico como en el caso del TMP36, sino que lo leeremos con un pin digital.

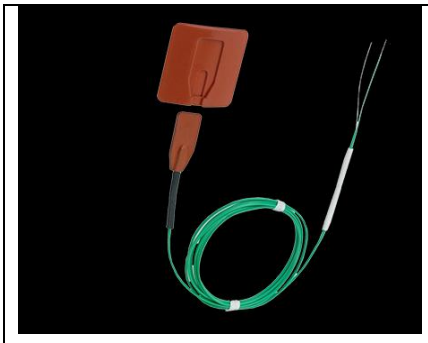
Para hacer variar los valores de humedad y temperatura y comprobar que todo funciona correctamente, sencillamente se puede soplar el aliento al sensor, y salvo que se esté en el t la temperatura como la humedad relativa subirán (PROMETEC).

Los sensores de temperatura superficial se seleccionaron por accesibilidad en el mercado, conexión y software compatible a la placa Arduino.

Tabla 5. Análisis de sensores.

temperatura superficial	Rango de temperatura	Costo	Existencia
WTR	De escasas dimensiones -Superficie de contacto: acero inoxidable - Pt100 de 3 hilos clase A - Medición de la temperatura superficial exacta - Rango de medición: -50 ... +250 ºC - Posibilidad de conectar a cualquier termómetro Pt100	$1448.70	Envío internacional

MLX90614	Calibración directa de fábrica. Temperaturas óptimas de operación para el sensor: -40°C a +125°C Rango de temperatura de medición en los objetos: -70°C a +380°C 0.5°C precisión de medición. 90° de campo de visión. Alimentación: 4.5V a 5.5V (para la versión de 5V). Alimentación: 2.6V a 3.6V (para la versión de 3V). Protocolo I2C. Dirección fija de 7 bits 0x5A	$ 298.00	Mercado local
Ds18b20	Sensor Digital. Resolución de 9 y 12 bits. Rango de operación de -50 a 125 grados Centígrados. Precisión +- 0.5 grados. Protocolo OneWire. Una de las ventajas del DS18B20 es que se comercializa tanto en un integrado TO-92 **como en forma de sonda impermeable**, lo que permite realizar mediciones de temperatura en líquidos y gases.	$48.00	Mercado local

 RP-RTD	• Tipo sensor: Pt100 a 3 hilos • Rango de temperatura: -50 a 150 ° C • Tamaño del sensor: 15 mm x 30 mm • Parche autoadhesivo: 40 mm x 40 mm • Longitud del cable: estándar de 2m o 5m o bajo pedido • Precisión: Clase B • Terminación: cables pelados 50 mm • Cable trenzado de 7 / 0.2mm Teflón	$1359.80	Envío internacional

De las opciones se escogió el MLX90614, además de las características descritas en la tabla, no requiere cables, ni accesorios para fijarse a la envolvente (en este caso muros), además de su posibilidad de conexión simultánea con otro igual.

El MLX90614 es un sensor de temperatura infrarrojo sin contacto fabricado por la empresa Melexis. Es posible conectar estos sensores con un autómata o procesador como Arduino para medir la temperatura de un objeto a distancia.

Este tipo de termómetros infrarrojos tienen un gran número de aplicaciones, incluyendo sistemas de control de temperatura en instalaciones térmicas en edificios, control industrial de temperatura, detección de movimiento, y aplicaciones de salud.

Existen distintos modelos del MLX90614 cada uno con un sufijo de tres letras. Los diferentes sensores difieren en el voltaje de operación, el número de sensores infrarrojos, y la posición del filtro. La comunicación se realiza a través de SM Bus, un subconjunto de bus I2C, por lo que resulta sencilla su lectura, y es posible conectar más de un sensor de forma simultáneamente.

Frecuentemente se encuentran termómetros MLX90614 integrados en módulos como la GY-906 que incorporan la electrónica necesaria para conectarla de forma

sencilla a un Arduino. En la mayoría de los módulos, esto incluye un regulador de voltaje que permite alimentar directamente a 5V.

Los sensores infrarrojos miden una porción de la superficie de un objeto a partir de la emisión de luz del tipo cuerpo negro que produce, este termómetro mide la radiación térmica y no la temperatura en sí, conociendo la cantidad de energía emitida por el objeto, determina su temperatura, comprende la medición de la energía de la luz con un detector que lo convierte en una señal eléctrica (PCE Iberica S.L., 2014).

Según la ley de Stefan-Boltzmann, todo objeto por encima del cero absoluto (ºK) emite radiación cuyo espectro es proporcional a su temperatura. El MLX90614 recoge esta radiación y su salida es una señal eléctrica proporcional a la temperatura de todos los objetos en su campo de visión.

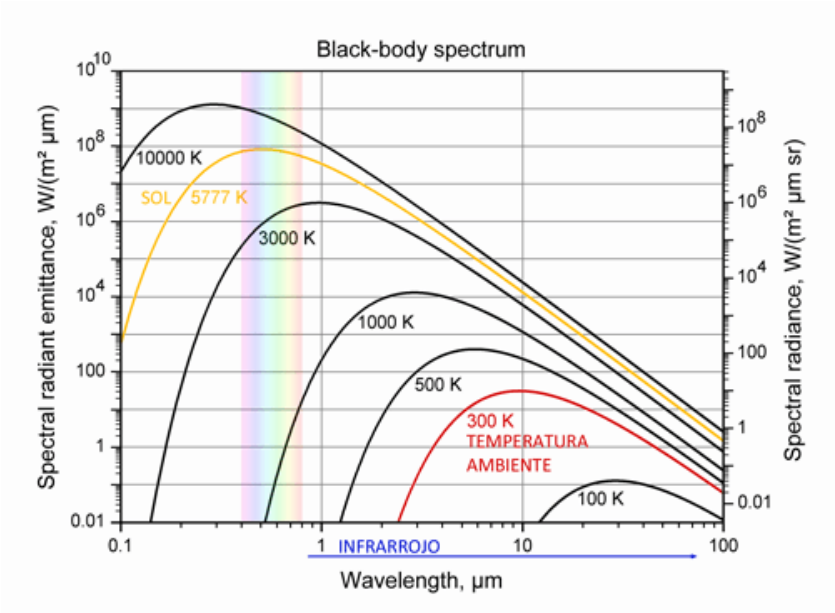


Fig. 2 Grafica de emisiones de radiación- temperatura

Internamente el MLX90614 está constituido por un chip de silicio con una fina membrana micro mecanizada sensible a la radiación infrarroja, junto con la electrónica necesaria para amplificar y digitalizar la señal y calcular la temperatura.

El conjunto incluye un amplificador de bajo ruido, un conversor ADC *Analog-to-Digital Converter* (conversor analógico digital) de 17 bits, un DSP (procesador digital de señal) y compensación de la temperatura ambiente.

El MLX90614 viene calibrado de fábrica en un amplio rango de temperaturas: -40 a 85 °C para la temperatura ambiente y -70 a 382 °C para la temperatura de objetos. La precisión estándar es de 0.5 °C referente a la temperatura ambiente, aunque existen versiones médicas que ofrecen una resolución de 0.1ºC en temperaturas entre 35-38ºC.

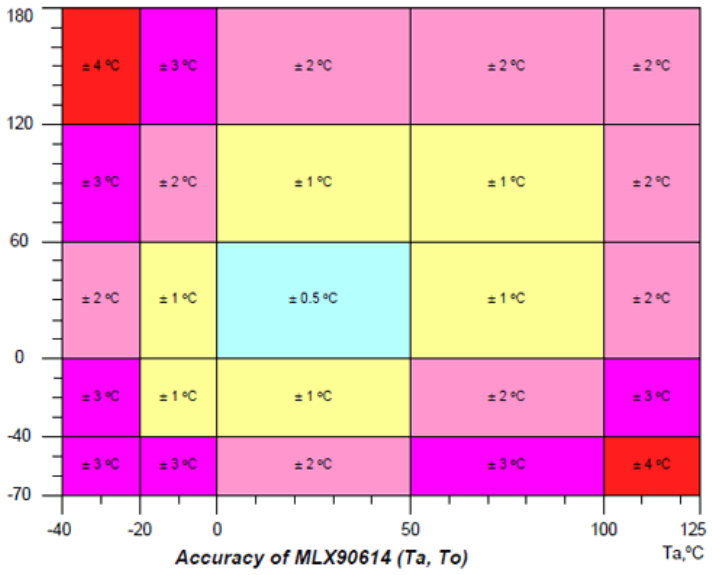


Fig. 3 Grafica de exactitud por temperatura sensor infrarrojo

El MLX90614 dispone de dos modos de salida. La estándar es SMBus, un conjunto del I2C, con una resolución de 0.02ºC. También puede emplear una salida PWM de 10 bits para mediciones continuas, aunque con menor resolución 0.14ºC.

Es importante tener en cuenta la lectura del sensor, que es estable cuando se encuentra en equilibrio térmico con el ambiente. También puede afectarle la suciedad en la ventana del sensor.

También es importante entender que el MLX90614 es sensible a todos los objetos ubicados en su campo de visión. El ángulo de visión depende del modelo, y varía desde 5º a 80ºC. En el ángulo más amplio de 80º, el área de medición a 0.5 tiene un diámetro de 0.83 metros.

Es decir, los modelos de menos ángulo son apropiados para medidas puntuales en frente del sensor. Los sensores de ángulo amplio están diseñados para detectar incrementos de temperatura en una gran zona, por ejemplo, para detección de fallas en maquinaria.

La conexión es sencilla, simplemente alimentamos el módulo desde Arduino mediante GND y 5V y conectamos el pin SDA y SCL de Arduino con los pines correspondientes del sensor.

Para realizar la lectura del MLX90614usaremos la librería desarrollada por Sparkfun, la librería proporciona ejemplos de código, que resulta aconsejable revisar. El siguiente ejemplo es una modificación a partir de los disponibles en la librería, que realiza la lectura del sensor y muestra los resultados por puerto serie.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  mlx.begin();
}
void loop() {
  Serial.print("Ambiente = ");
  Serial.print(mlx.readAmbientTempC());
  Serial.print("ºC\tObjeto = ");
  Serial.print(mlx.readObjectTempC());
  Serial.println("ºC");
  delay(500);
```

3. Diseño y ensamble del dispositivo electrónico.

El dispositivo electrónico es la parte del sistema que tiene como objetivo recopilar los datos de las variables del exterior como son la temperatura, humedad relativa y temperatura superficial para registrarlos en archivos que se puedan analizar en el subsistema de interpretación de los resultados. De igual manera será el instrumento para recopilación de datos en el interior de las mismas variables climáticas: temperatura, humedad relativa y temperatura superficial en dos puntos de la sección de la envolvente sujeta a observación. Los elementos que la componen se describen en el siguiente esquema:

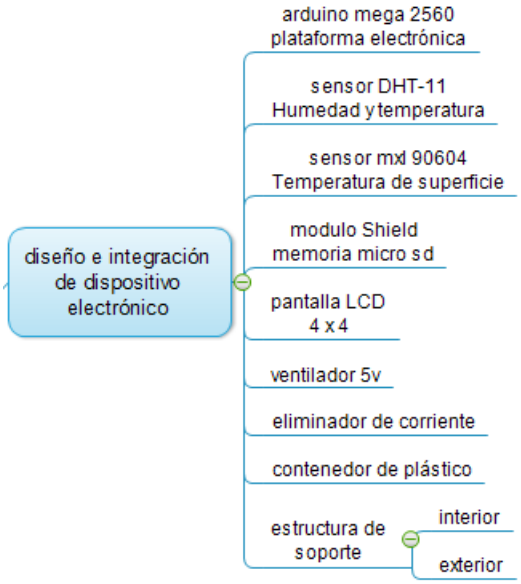


Fig. 4 Diagrama de componentes del dispositivo electrónico

Se realizaron las conexiones necesarias con el sensor DHT11 y los sensores s infrarrojos de temperatura superficial MLX 90614, y se integró el programa para

conectar los dos sensores superficiales y el de temperatura y humedad en el Arduino para lecturas en forma simultánea.

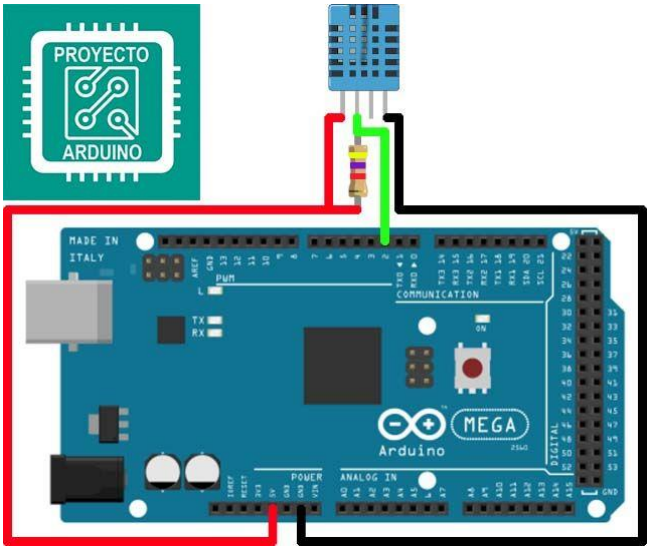


Fig. 5 Diagrama de conexión del sensor DHT-11

Disponible en:
https://i.pinimg.com/736x/05/5a/1e/055a1ef4bb1052885de13d3085a56b7e.jpg

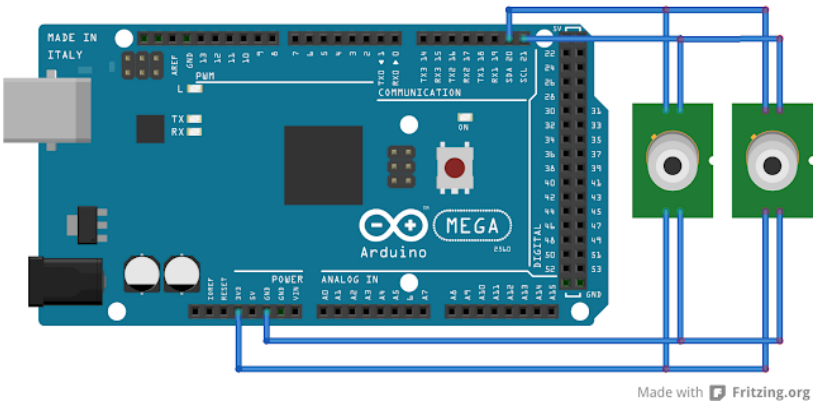


Fig. 6 Diagrama de conexión de sensores MXL en forma simultánea

Disponible en:
https://4.bp.blogspot.com/-qDNFacu9sng/WQ-mwaUxaHI/AAAAAAAAGn4/OxfjBMvsXl8oCVLrzbODA3Vr7NvZBthMQCLcB/s640/Untitled%2BSketch_bb.png

El siguiente paso fue conectar la unidad SD shield al Arduino.

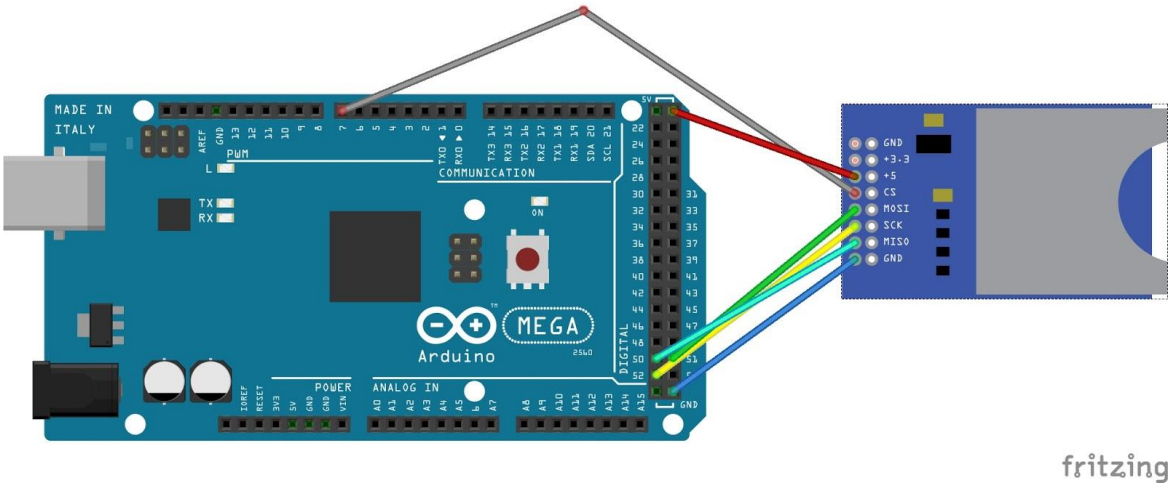


Fig. 7 Diagrama de conexión de Sd shield al Arduino

Disponible en:
https://2.bp.blogspot.com/-5TS-vEDq3e8/WDHbcQTJnXI/AAAAAAAAABk/wncA8M35bIEiYY8XxvRVuHQ49f0m2KWCACLcB/s1600/ARDUINO%2BCON%2BSD.jpg

Después de realizar las pruebas de los sensores de humedad y temperatura en forma individual se agruparon los componentes en una tarjeta felónica en donde se soldaron los cables para los pines que se conectan a corriente de 5v y tierra (GND), se añadió también la conexión para un ventilador de 4 x 4 cm de 12 v para evitar calentamiento en el Arduino.

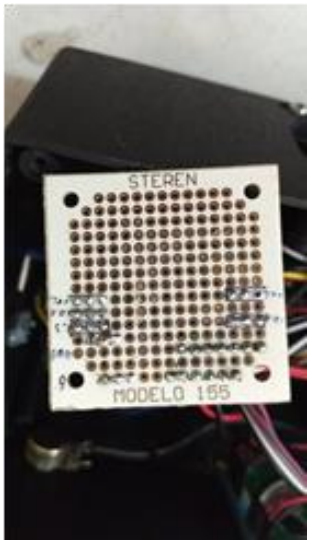


Fig. 8 Tarjeta felónica de conexión

Fig. 9 Ventilador 4 x 4 cm

Durante las pruebas del dispositivo se observó la necesidad de incluir una pantalla LCD para observar el funcionamiento de los sensores simultáneamente, comparando las lecturas en los periodos de tiempo propuestos y se integró al dispositivo.

Fig. 10 Pantalla de Bienvenida en LCD

Fig. 11 Conexión de pantalla LCD

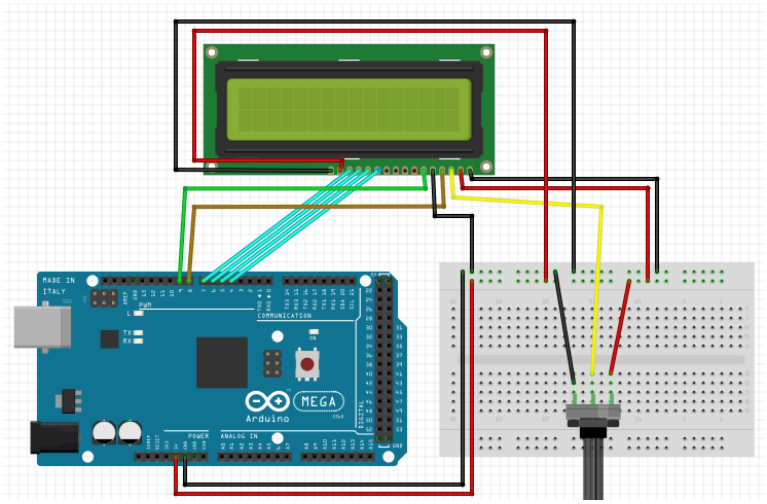


Fig. 12 Diagrama de conexión de pantalla LCD

Disponible en:
https://www.allaboutcircuits.com/uploads/projects/lcd2.png

Finalmente se incluyó un interruptor de corriente con led, y se introdujeron todos los componentes en una caja plástica a la que se le realizaron los cortes necesarios para visualizar la pantalla, la ranura para introducir la memoria micro sd, la salida de aire para el ventilador y las perforaciones para pasar los cables de los sensores.

Fig. 13 Interruptor de energía

Fig. 14 Conector USB

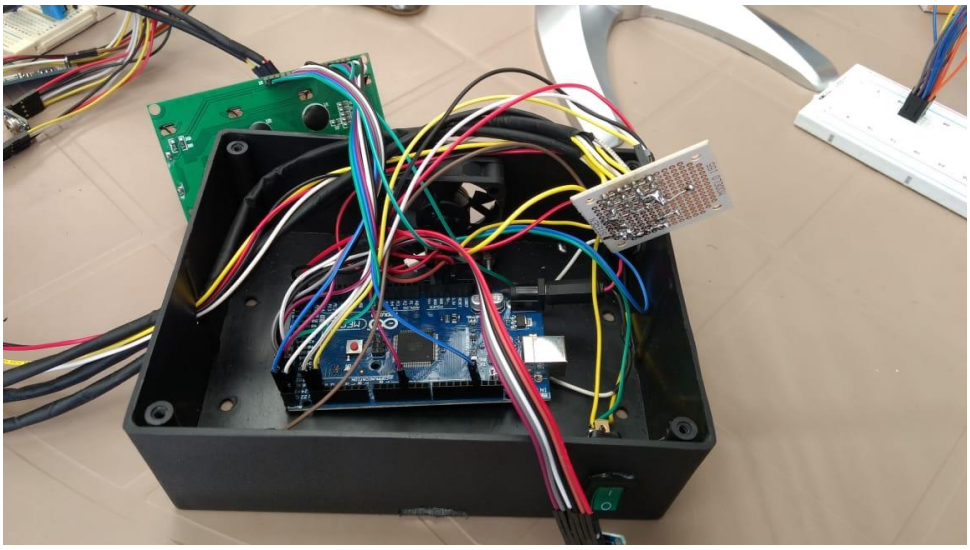


Fig. 15 Componentes del dispositivo conectados para prueba

En la tabla no. 6 se detallan las conexiones desde las terminales de cada componente hasta las entradas/salidas de Arduino.

Tabla 6. Disposición y color de cables en conexiones en dispositivo.

componente	*terminal*	*color*	*ARDUINO ext*		*ARDUINO int*		*componente*	*terminal*	*color*	*ARDUINO*	
LCD	VSS	negro	GND		azul c/ raya		**micro SD**	GND	café	GND	azul c/ray
	VDD	rojo	5V		naranja c/raya			VCC	rojo	5V	naranja c/
	VO	gris	potencio enmedio	ext der frente y	verde	ext der frente y		MISO	naranja	50	negro
	RS	morado	31		morado			MOSI	amarillo	51	blanco
	RW	azul	GND		azul			SCK	verde	52	gris
	E	verde	30		verde			CS	azul	4	morado
	D0	x	x		x						
	D1	x	x		x						
	D2	x	x		x						
	D3	x	x		x			oskr	554544		
	D4	negro	29		negro				5197		
	D5	blanco	28		blanco						
	D6	gris	27		gris						
	D7	morado	26		morado						
	A	azul	5V		naranja c/raya						
	K	verde	Gnd		azul c/ raya						
sensores IR	**0x50**					p/ arduino	**sensor dht11**	VCC	5V		blanco
MLX90614	VIN	naranja	3.3 v		rojo	rojo	datos	I/O	5		amarillo
	GND	azul	GND		negro	azul c/raya		NC	x		x
	SCL	morado	SCL		blanco	gris		GND	GND		blanco c/r
	SDA	verde	SDA		amarillo	amarillo					
	0x55										
	VIN	naranja	3.3 v		rojo		consumo	2mA			
	GND	azul	GND		negro						
	SCL	morado	SCL		blanco						
	SDA	verde	SDA		amarillo						

Una vez integrado el dispositivo electrónico se observó la necesidad de diseñar un soporte adecuado que permitiera posicionar los sensores en diferentes alturas de la envolvente por lo que se propuso un tripie metálico para bafle, en el que se fijó el dispositivo a una altura media.

Fig. 16 Soporte de acero vertical

Mientras se hicieron las pruebas del dispositivo integrado se observó la necesidad de otro soporte para el exterior de las envolventes que pudiera colgarse de las partes altas para poder ubicar los sensores en correspondencia con los interiores.

Fig. 17 Soporte con cable de acero para sujetar desde azotea

4. Codificación de datos para elaboración de resultados gráficos.

El proceso de los datos contiene las variables de entrada y de salida y se proponen de la siguiente manera:

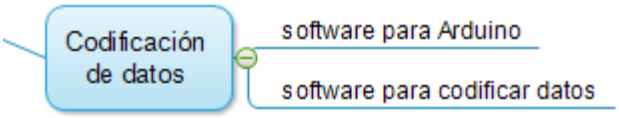


Fig. 18 Diagrama de codificación de datos

El código general para programar el Arduino Mega2560 contiene la combinación de los códigos individuales de todos los componentes electrónicos.

Tabla 7 Código general del sistema de monitoreo

```
#include <i2cmaster.h>
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT11   // DHT 11
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal.h>                    // librería lcd
LiquidCrystal lcd(31, 30, 29, 28, 27, 26);
const int DHTPin = 5;     // what digital pin we're connected to
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);

File myFile;
int direccionSensor1 = 0x50<<1;   // Dirección del sensor 1
int direccionSensor2 = 0x55<<1;   // Dirección del sensor 2

float celcius1 = 0;   // Guardara temperatura 1 en Celcius
float celcius2 = 0;   // Guardara temperatura 2 en Celcius
void setup()
{
   // Inicializar el LCD con el número de  columnas y filas del LCD
  lcd.begin(20,4);
  // Escribimos el Mensaje en el LCD
  lcd.print("Bienvenidos");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Sistema de monitoreo");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Bocanegra Patricia");
  delay(5000);

  Serial.begin(9600);
   dht.begin();
```

```
  Serial.print("Iniciando SD ...");
   if (!SD.begin(4)) {
  Serial.println("No se pudo inicializar");
    return;
  }
  Serial.println("inicializacion exitosa");

  Serial.begin(9600);       // Comunicación serial en 9600bps.
  i2c_init();                           // Inicializar  i2c bus.
  PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5);    // Pullups.
}
void loop()
{
  celcius1 = temperaturaCelcius(direccionSensor1);   //Lee la temperatura para cada sensor y
  celcius2 = temperaturaCelcius(direccionSensor2);   //lo guarda en la respectiva variable
   float h = dht.readHumidity();
   float t = dht.readTemperature();
  /*fahrenheit1 = (celcius1*1.8) + 32;     // Sidesean convertir en Fahrenheit
  fahrenheit2 = (celcius2*1.8) + 32;*/
myFile = SD.open("Lecturas.txt",FILE_WRITE); // abrimos el archivo
  Serial.print("Sensor 1: ");
  Serial.print(celcius1);       //Imprimir valor 1
  Serial.print("ºC");
  Serial.println();             //nueva linea
  Serial.print("Sensor 2: ");
  Serial.print(celcius2);       //Imprimir valor 2
  Serial.print("ºC");
  Serial.println();
    Serial.print("Temperatura Ambiente: ");
     Serial.print(t);
     Serial.print("°C");
     Serial.println();
     Serial.print("Humedad Ambiente: ");
     Serial.print(h);
     Serial.print(" %\t");
  Serial.println();
 // Cursor en la primera posición de la primera fila
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" IR1:");
  lcd.print(celcius1);
  lcd.print(" ");
  // Cursor en la 11° posición de la primera fila
    lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print("IR2:");
  lcd.print(celcius2);//1 decimal
  lcd.print("C ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("TA C:");
  lcd.print(t);
  lcd.print("");
    lcd.setCursor(11,1);
  lcd.print("H:");
  lcd.print(h);
```

```
  lcd.print(" % ");
  delay(200);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Sistema de Monitoreo");
   lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("   Higrotermico   ");
   Serial.println();
   Serial.println();

  delay(100000);      // Espera un segundo para tomar otro par de lecturas
//Impresión en Memoria SD
    myFile.print("Temp. Sensor IR = ");
    myFile.print(celcius1);
    myFile.print(" °C");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("Temp. Sensor # 2 = ");
    myFile.print(celcius2);
    myFile.print(" °C");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("Temp. Ambiental = ");
    myFile.print(t);
    myFile.print(" °C");
    myFile.print(", ");
    myFile.print("Humedad = ");
    myFile.print(h);
    myFile.println(" % ");
    myFile.close(); //cerramos el archivo
}
//Función con comentarios originales de http://wiki.wiring.co
float temperaturaCelcius(int address) {
  int dev = address;
  int data_low = 0;
  int data_high = 0;
  int pec = 0;
  // Write
  i2c_start_wait(dev+I2C_WRITE);
  i2c_write(0x07);
  // Read
  i2c_rep_start(dev+I2C_READ);
  data_low = i2c_readAck();       // Read 1 byte and then send ack.
  data_high = i2c_readAck();      // Read 1 byte and then send ack.
  pec = i2c_readNak();
  i2c_stop();

  // This converts high and low bytes together and processes temperature,
  // MSB is a error bit and is ignored for temps.
  double tempFactor = 0.02;       // 0.02 degrees per LSB (measurement
                                  // resolution of the MLX90614).
  double tempData = 0x0000;       // Zero out the data
  int frac;                       // Data past the decimal point
  // This masks off the error bit of the high byte, then moves it left
  // 8 bits and adds the low byte.
  tempData = (double)(((data_high & 0x007F) << 8) + data_low);
```

```
  tempData = (tempData * tempFactor)-0.01;
  float celcius = tempData - 273.15;
  // Returns temperature un Celcius.
  return celcius;
}
```

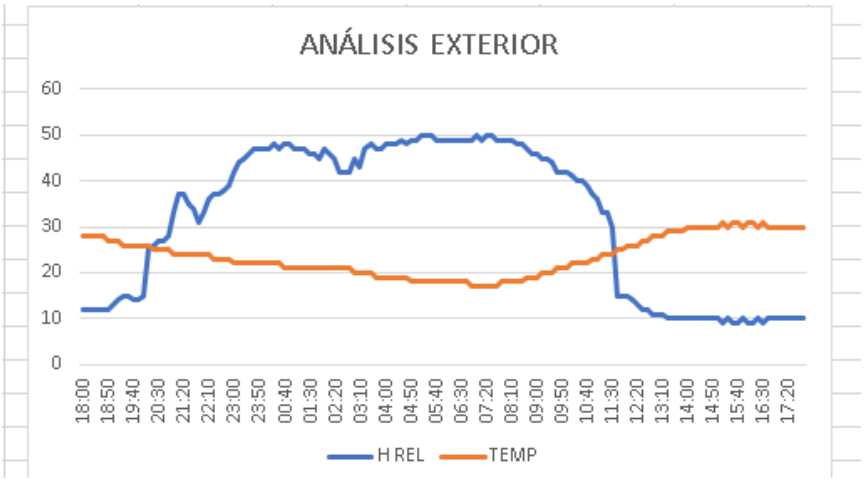
Una vez registrados los datos del monitoreo en un archivo grabado en la memoria microSD se procede a manipular los datos para importarlos a un archivo Excel, como lo muestra el ejemplo de la tabla 8, con el monitoreo del exterior de una envolvente por un lapso de dos horas y que permite la elaboración de gráficas comparativas.

Tabla 8. Datos importados al archivo de Excel.

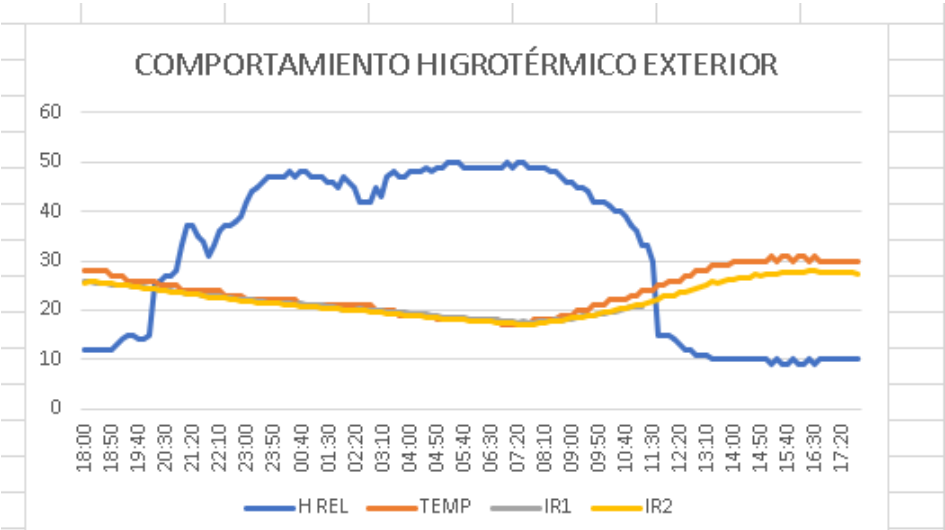
IR1 = lectura del sensor infrarrojo 1 de temperatura superficial.
IR2 = lectura del sensor infrarrojo 2 de temperatura superficial.
HRE = lectura de sensor de humedad relativa
TEMP = lectura de sensor de temperatura ambiente

	A	B	E	F	G	H	I
1	IR1	IR2	horario	H REL	TEMP	IR1	IR2
2	25.72	25.6	18:00	12	28	25.72	25.6
3	25.68	25.72	18:10	12	28	25.68	25.72
4	25.54	25.74	18:20	12	28	25.54	25.74
5	25.46	25.54	18:30	12	28	25.46	25.54
6	25.28	25.6	18:40	12	28	25.28	25.6
7	25.24	25.34	18:50	12	27	25.24	25.34
8	25.1	25.16	19:00	13	27	25.1	25.16
9	24.92	25.1	19:10	14	27	24.92	25.1
10	24.92	25.04	19:20	15	26	24.92	25.04
11	24.64	24.8	19:30	15	26	24.64	24.8
12	24.58	24.74	19:40	14	26	24.58	24.74
13	24.56	24.5	19:50	14	26	24.56	24.5
14	24.34	24.34	20:00	15	26	24.34	24.34

A partir de los datos importados al archivo de Excel pueden elaborarse las gráficas de comportamiento de la humedad y la temperatura del sensor de humedad y temperatura ambiente.



O la combinación de las lecturas del monitoreo con todos los sensores de manera simultánea, esto permite observar el comportamiento higrotérmico de la envolvente en el tiempo que se recolecten los datos.



Capítulo 4. RESULTADOS

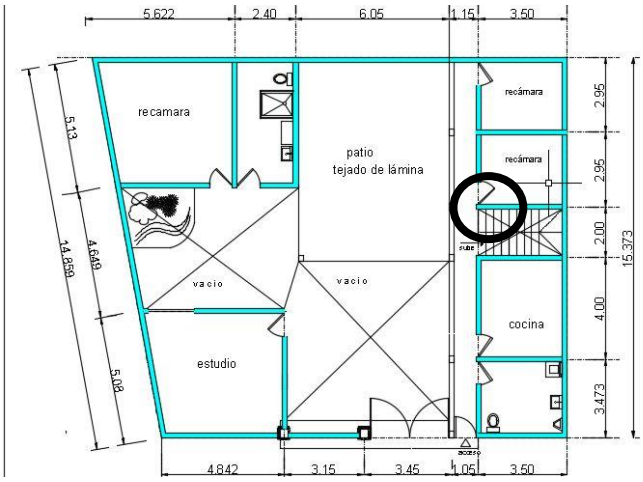
Dispositivos electrónicos.

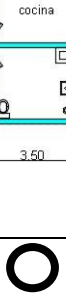
Como resultado de esta investigación se integraron dos dispositivos electrónicos que pueden replicarse tal como se describe en el desarrollo de la metodología, mismos que mediante modificaciones en los soportes, pueden ser usados para monitorear los elementos horizontales (cubiertas y pisos) de la envolvente.

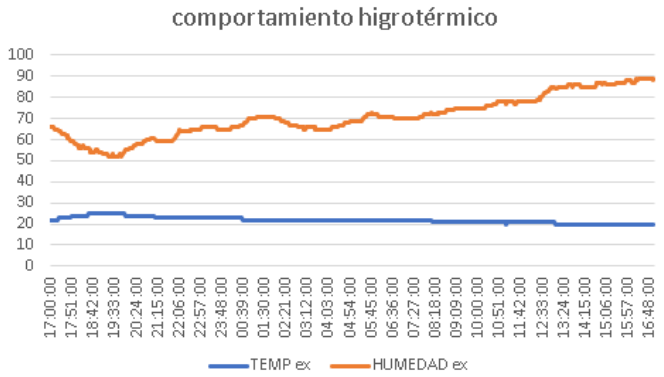
En ambos, se realizaron actividades de prueba, en las que se observaron factores que pueden considerarse para mejorar el funcionamiento del dispositivo, por ejemplo, incluir en el código del Arduino la biblioteca para registrar las lecturas de los sensores con fecha y hora. Dato que serviría mucho ya que actualmente en el momento de importar los datos se tiene que capturar la columna de horas, para poder ejecutar el comando de gráficas.

El predio que se monitoreo a modo de prueba piloto es una casa habitación con habitaciones alrededor de un patio central, caso que favorece la colocación de los dispositivos sin riesgo de robo pues para el monitoreo exterior, en el caso de envolventes que se encuentren en colindancias hacia la calle, se requiere colocar el dispositivo sujeto desde la azotea para evitar que desaparezca.

Monitoreo de prueba.

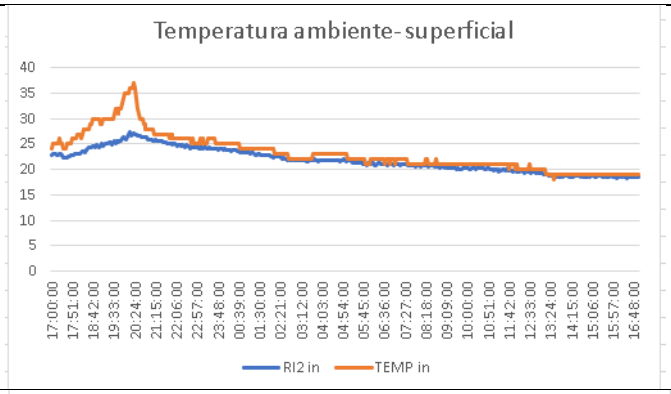
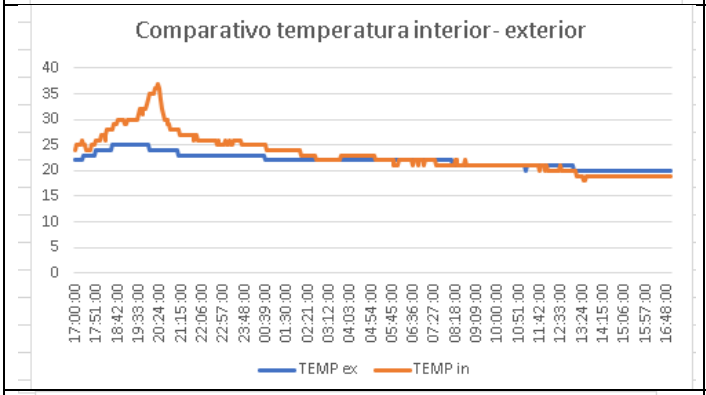
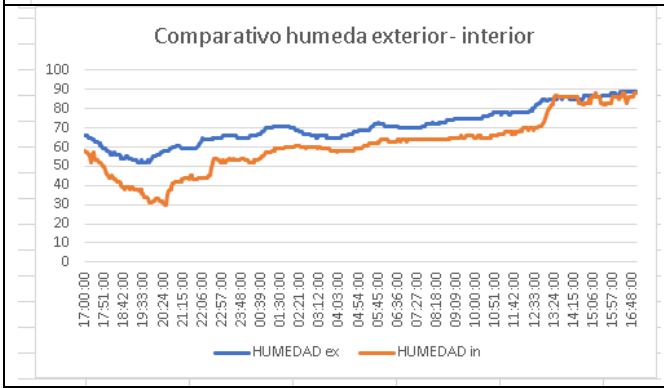
SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS	FECHA: 6 AGOSTO DEL 2019
UBICACIÓN Calle Nuevo Amanecer 162 Col. Nuevo Horizonte, Querétaro, Qro.	NORTE
	

Tipo de monitoreo:	Exterior/interior	Punto de monitoreo	
Elemento de la envolvente:	Muro estructural		
Material principal	Block de concreto	Espesor	15 cm
Recubrimiento exterior	Aplanado de mortero acabado fino	Altura Orientación	2.70 m Sur
Recubrimiento interior	Aplanado de mortero acabado fino	Periodo de registro entre lecturas	51 minutos



Monitoreo exterior:

Se observa la comparación de las variaciones de la temperatura con respecto a las variaciones de la humedad en el exterior de la envolvente, es importante mencionar que la humedad tiene mayor implicación en la sensación térmica.

	Monitoreo interior: La temperatura ambiente del interior en comparación con la temperatura de la superficie interior, entre las cuales no existe diferencia importante.
	Monitoreo exterior vs. Interior: Existe mayor variación de la temperatura en el interior del espacio por la noche que en cualquier otro momento del día distanciándose en ese momento de la temperatura al exterior.
	Monitoreo exterior vs. Interior: la variación de la humedad en el interior, comparada con el exterior, la diferencia mayor se encuentra en el horario nocturno.

Las gráficas pueden elaborarse en comparativas agrupadas y combinadas de las cuatro variables, a partir de las cuales se pueden construir modelo de comportamiento higrotérmico con diferentes elementos de diferentes materiales de construcción, que sustentan las estrategias de arquitectura bioclimática en la propuesta de proyectos encaminados a contribuir con el ahorro energético.

Gestión del proyecto.

Realizar un proyecto significa organizar y gestionar el tiempo y los recursos disponibles para llevar a cabo las actividades que se desprenden de los objetivos y de los parámetros establecidos para el cumplimiento exitoso de metas específicas.

Gestionar un proyecto es desarrollar la competencia estratégica en el uso de conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente.

Se realizó para este proyecto un proceso de Gestión para organizar las actividades mediante la elaboración de un plan estratégico y desde la perspectiva empresarial involucrando el análisis de tiempos, costos y riesgos implicados.

La importancia de este proceso de Gestión reside en conocer cómo un proyecto de investigación tecnológica puede convertirse en un proyecto empresarial para la comercialización de un dispositivo o un servicio.

Mediante la información que se recopiló y analizó, la construcción del dispositivo se llevó a cabo en una manera ordenada y estratégica conforme al orden que se propuso en la descripción de tareas de la gestión.
El resultado final de la Gestión del Proyecto se encuentra desglosado en la parte IV de los Anexos de este documento.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

El ahorro energético es uno de los esfuerzos que está llevando adelante la producción de tecnologías y el desarrollo de estrategias de arquitectura bioclimática mediante el uso de sistemas pasivos en el diseño arquitectónico, por tal motivo los estudios encaminados a describir los impactos que tienen las variables climáticas sobre las edificaciones son de gran utilidad.

Las interrogantes que dieron origen a este proyecto provienen de quienes por años se han dado a la tarea de estudiar las maneras en que las variables climáticas pueden ser la fuente de ahorro importante en el consumo de energía en las edificaciones.

La oportunidad de contribuir con esta tecnología para obtener datos de campo que puedan ser vinculados a diferentes zonas y edificaciones de la localidad permite que sean utilizados en diversos proyectos de investigación.

Durante el desarrollo de esta metodología se observaron aspectos que no se contemplaron para este dispositivo y que sin embargo podrían significar mayor aportación al análisis del comportamiento higrotérmico, principalmente es necesario combinar en este monitoreo el respectivo al viento, la variable de la velocidad del viento contribuye a describir directamente las variaciones en la humedad pudiendo establecer parámetros para estudiar la sensación térmica dentro del espacio arquitectónico.

Otro elemento que podría añadirse al dispositivo es un reloj digital ya que es necesario tomar nota de la hora de inicio y terminación del monitoreo para establecer de una manera sencilla el posible número de lecturas que habrán de manipularse para la elaboración de gráficas, como se mencionó en el capítulo anterior, es posible que se incluya en el código del Arduino la librería para registrar la hora de la lectura pero no se incluyó en este dispositivo.

En uno de los días de prueba la lluvia impidió que el monitoreo continuara, así que es necesario integrar al dispositivo una carcasa de protección contra lluvia para no interrumpir al sistema.

A medida que se utilice el sistema de monitoreo, se implementarán las adaptaciones necesarias para el tipo de estudio que se desee realizar, y se contemplarán mayor número de variables climáticas para monitorear con el fin de tener datos vinculados a regiones que presentan características específicas de clima.

Fuentes de información

Arias Orozco, S. &. (2004). Diseño bioclimático en la arquitectura (en climas semi-templados). Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara. Centro de investigaciones en ergonomía.

Curiel Razo, Y. I. (Mayo de 2011). *Repositorio Institucional UAQ*. Obtenido de Monitoreo del comportamiento térmico de distintos recubrimientos en techos mediante el uso de una red inalámbrica de sensor (WSN) para la predicción de temperatura con redes neuronales: http://ri.uaq.mx/handle/123456789/2211

Eadic, formación y consultoría. (septiembre de 2013). *eadic, arquitectura, edificación y urbanismo*. Obtenido de Cuadernos de información. Arquitectura bioclimática: http://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Tema-3-Confort-Ambiental.pdf

ETHOS. (Febrero de 2017). *Hacia un México sostenible: APP en eficiencia energética*. Obtenido de https://ethos.org.mx/es/ethos-publications/hacia-mexico-sostenible-app-eficiencia-energetica/

Fuentes Pérez, C. A. (2014). *Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México.* (U. A. León, Editor) Recuperado el 12 de noviembre de 2017, de REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL: http://eprints.uanl.mx/8369/

German, C. R., Stephany, A. J., & Jesús, M. C. (2015). *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino* (Primera ed.). Ciudad de México: Grupo editorial Patria, S.A. de C.V.

Grupo Pochteca , S.A.B. de C.V. (2015). *Materias primas para la industria*. Obtenido de grupo pochteca: https://www.pochteca.com.mx/wp-content/uploads/2015/01/sustentabilidad.png

Ingeniería MCI Ltda. (Olimex Chile). (1 de 08 de 2017). *¿QUÉ ES ARDUINO?* Recuperado el 31 de 08 de 2017, de arduino.cl: http://arduino.cl/que-es-arduino/

José Ignacio Vega, G. S. (Octubre de 2014). *SOMI Congreso de Instrumentación XXIX edición*. Obtenido de http://somi.ccadet.unam.mx/somi29/memoriassomi29/PDFS/electronica/100-SGSOMI-66-100.pdf

León, F. M. (19 de 06 de 2018). *El tiempo, colaboración de la revista del aficionado a la metereología*. Obtenido de El índice o sensación térmica de calor: impacto en la salud: https://services.meteored.com/img/article/el-indice-o-sensacion-termica-de-calor-impacto-en-la-salud---2.jpg

López Ostria, M. T. (2018). Cierre del proyecto. Querétaro, México.

López Ostria, M. T. (2018). Gestión de Costos. Querétaro, México.

López Ostria, M. T. (2018). Gestión del Riesgo. Querétaro, México.

Luis, L. (29 de octubre de 2016). *LUIS LLAMAS Ingeniería, informática y diseño*. Recuperado el 9 de noviembre de 2017, de https://www.luisllamas.es/arduino-y-el-termometro-infrarrojo-a-distancia-mlx90614/

Martínez Lozado, P. C. (2017). *Donadora.mx proyecto tierra prima*. Obtenido de revolucion de las Rs de sustentabilidad: https://s3.amazonaws.com/Proyectos_Fondeadora/original/45760.jpg?1502984611

OLGYAY, V. (1998). *Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas.* mexico: Editorial Gustavo Gili, S.A.

ONU. (12 de 12 de 2015). *Acuerdo de París*. Obtenido de Acuerdo de París - unfccc: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

ONU. (2017). *Naciones Unidas*. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Ovacen. (2017). Obtenido de ovacen periodismo al detalle: https://ovacen.com/wp-content/uploads/2014/12/tipos-de-sustentabilidad.png

PCE Iberica S.L. (30 de Septiembre de 2014). *https://www.pce-iberica.es/*. Obtenido de https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/principio-funcionamiento-termometro.htm

PROMETEC. (s.f.). *Sensores de temperatura dht-11*. Recuperado el 12 de octubre de 2017, de www.prometec.net/sensores-dht11

R. Mondelo Pedro, G. T. (2001). *Ergonomía 2. Confort y estrés térmico* (ISBN-970-15-0296-5 ed.). Barcelona, España: Alfaomega grupo editor s.a.de c.v.

Revista ARQHYS. (Diciembre de 2012). *Construcción de ciclos de vida de un edificio*. Obtenido de https://www.arqhys.com/arquitectura/fotos/arquitectura/Construccion-del-ciclos-de-vida-de-un-edificio.jpg

Rey Martínez, F. J., Eloy, V. G., & M., R. H. (2018). *Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética.* Madrid, España: Ediciones Paraninfo. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=F8hHDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=certificaci%C3%B3n+energ%C3%A9tica+de+edificios&ots=2WqYjnfSTS&sig=P5IM5le5-bYOO87KUl-1nDTvi1U#v=onepage&q=certificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20de%20edificios&f=false

Robles Dopazo, M. (21 de Mayo de 2019). *EcoLAB-UPM*. Obtenido de https://blogs.upm.es/ecolabupm/wp-content/uploads/sites/653/2019/05/tabla4.jpg

SEGOB, CENAPRED. (2012). *Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad Física y Social.*

Snell, C. (2009). *Building green: a complete how-to guide to alternative building methods.* New York: Sterling Publishing Co., Inc.

Torres, F. M. (28 de Septiembre de 2017). *El sedal_MT*. Obtenido de https://franciscomartintorres.wordpress.com/2017/09/28/los-valores-eticos/

UN, HABITAT. (2011). *Las ciudades y el cambio climático: Orientaciones para políticas. Informe mundial sobre asentamientos humanos.*

Vega de Kuyper, J. C., & Ramírez Morales, S. (2014). *Fuentes de energía, renovables y no renovables. Aplicaciones* (1a. reimpresión, Junio del 2014 ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Recuperado el 6 de Mayo de 2019

Venemedia comunicaciones C. A. (2011). *Conceptodefinicion.de*. Obtenido de https://conceptodefinicion.de/monitoreo/

Victoria Fernández Añez, N. U.-G. (Agosto de 2013). *re-hab Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de 5o. seminario: bienestar higrotérmico: http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/blogs/re-hab/5a-seminario-re-hab-bienestar-higrotermico/

ANEXOS

I. Práctica de introducción a Arduino.

Materiales:

Arduino Mega 2560 con cable de alimentación USB

Resistencia 330Ω

Cables dupont

Protoboard

Multímetro

Led

Objetivo:

Conocer las actividades preliminares para el uso de un Arduino para preparar una conexión de prueba.

PASO 1.

De la web se descarga el software gratuito necesario para la programación de Arduino, en la página: https://www.arduino.cc/en/Main/Software.

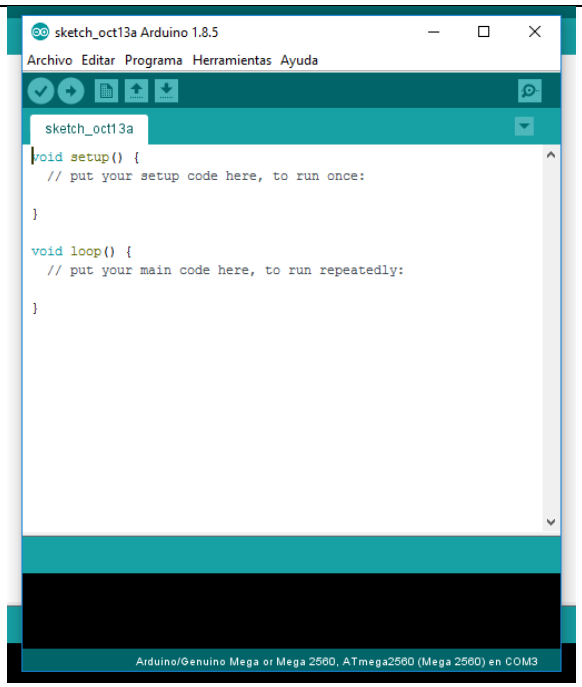
Se descarga: The Arduino IDE, es importante descargar la versión en archivo ZIP para obtener un mejor desempeño en Windows.

Se instala ejecutando el archivo arduino.exe

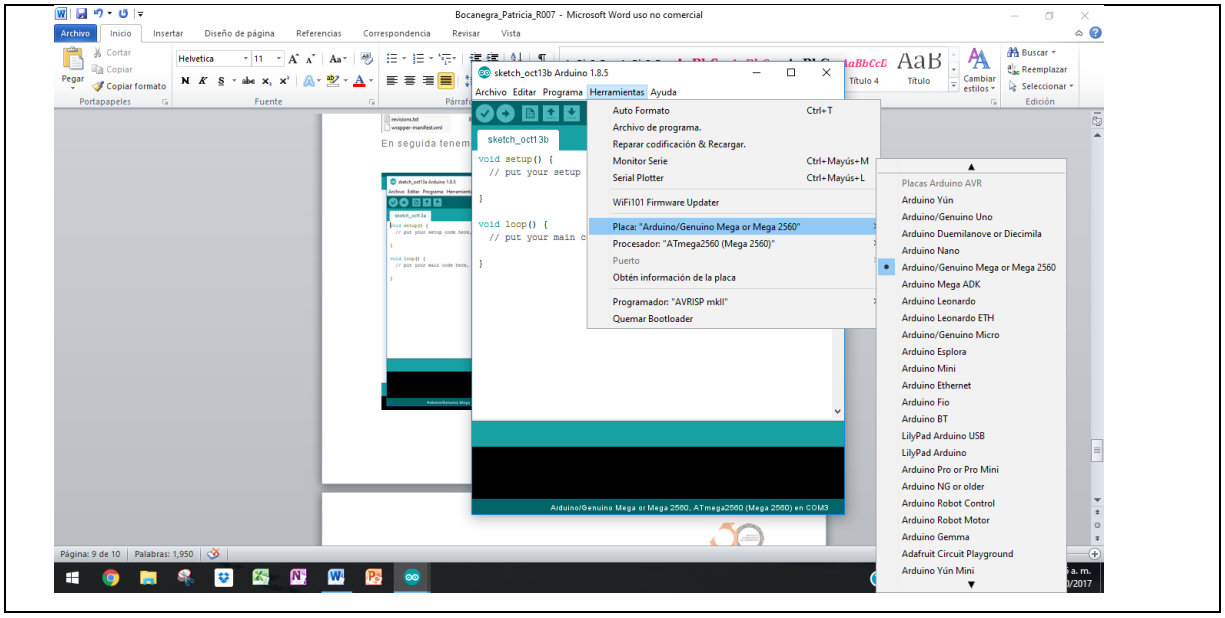
arduino-1.8.5-windows.zip\arduino-1.8.5 - archivo ZIP, tamaño descomprimido 438,663,188 bytes

Nombre	Tamaño	Comprimido	Tipo	Modificado	CRC32
..			Disco local		
drivers			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
examples			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
hardware			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
java			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
lib			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
libraries			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
reference			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
tools			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
tools-builder			Carpeta de archivos	02/10/2017 03:...	
arduino.exe	404,480	72,396	Aplicación	02/10/2017 03:...	0162CE17
arduino.l4j.ini	20	20	Opciones de confi...	02/10/2017 03:...	AA0F5D25
arduino_debug.exe	401,920	71,141	Aplicación	02/10/2017 03:...	C79411CA
arduino_debug.l4j.ini	20	20	Opciones de confi...	02/10/2017 03:...	AA0F5D25
arduino-builder.exe	3,291,136	1,185,811	Aplicación	02/10/2017 03:...	B33495CF
libusb0.dll	43,520	19,105	Extensión de la apl...	02/10/2017 03:...	214C4521
msvcp100.dll	421,200	134,650	Extensión de la apl...	02/10/2017 03:...	38F12A25
msvcr100.dll	770,384	411,430	Extensión de la apl...	02/10/2017 03:...	DB505E33
revisions.txt	85,781	29,513	Documento de texto	02/10/2017 03:...	69F09FA5
wrapper-manifest.xml	331	182	Documento XML	02/10/2017 03:...	D049E3E8

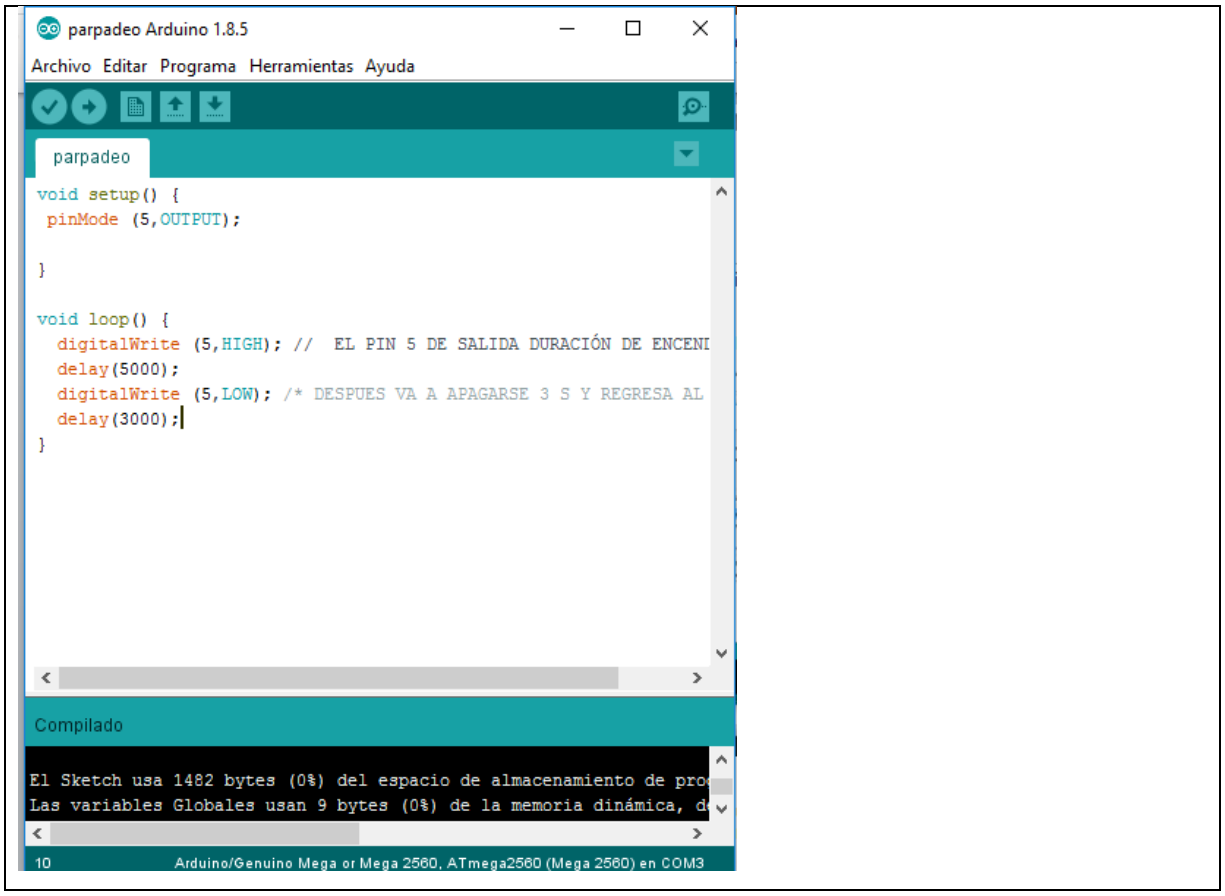
En seguida tenemos el Sketch para programar al Arduino.



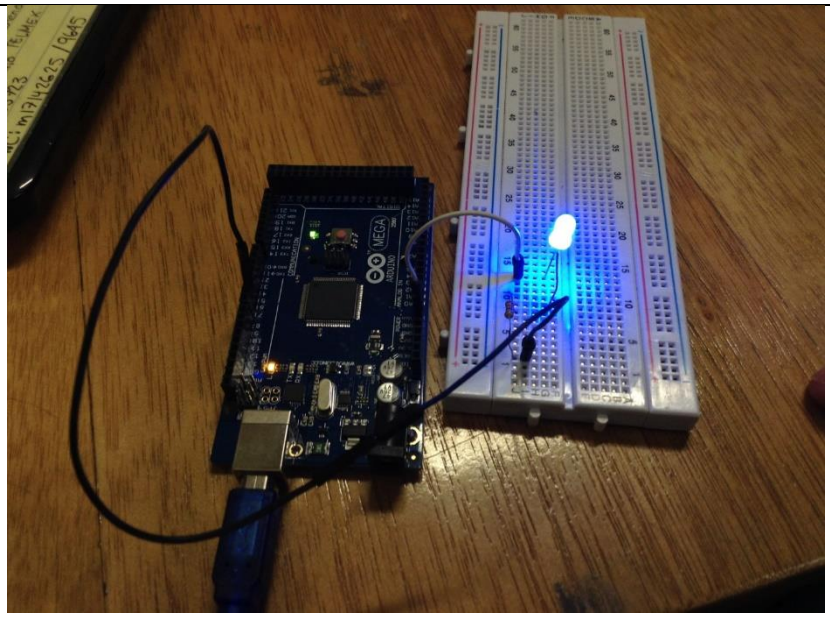
Mediante el menú de herramientas se elige la placa Arduino Mega 2560.



Después se escribe el programa para arduino, como primera prueba se tiene el programa parpadeo. Se compila y está listo para armarse el circuito en una protoboard.



Conectado correctamente el led y el cable USB para administrar corriente al circuito se obtuvo éxito en la prueba.



II. Prueba del sensor dth-11 en Arduino.

Materiales:

Arduino Mega 2560 con cable de alimentación USB

Resistencia 330Ω

Cables dupont

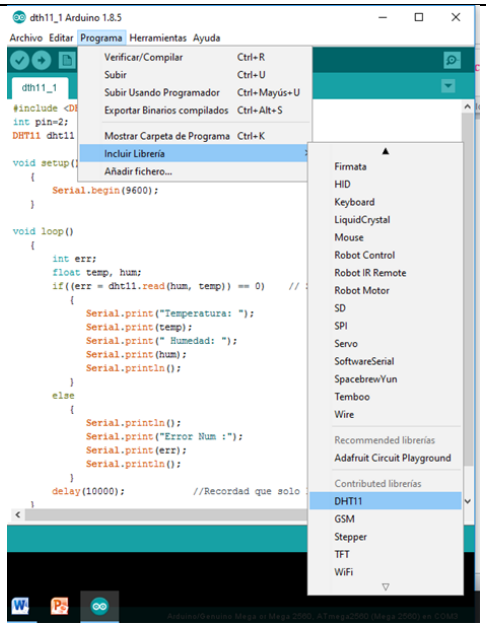
Protoboard

Multímetro.

Objetivo:

Agregar el programa en IDE para el sensor de humedad relativa y temperatura DTH-11, conectar el circuito y tomar los datos del aula NA03.

PASO 1. Para usar el sensor, es necesario incluir en el IDE software, para arduino, la librería de la información del sensor.



PASO 2.

En seguida se copia el programa para el funcionamiento del sensor, se compila y se sube al Arduino para probarlo.

dth11_1 Arduino 1.8.5

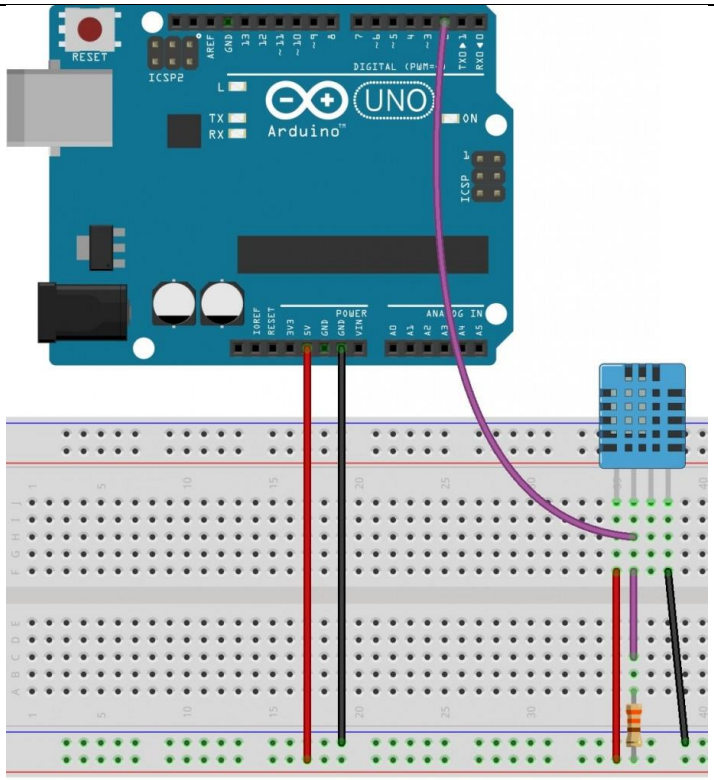
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

dth11_1

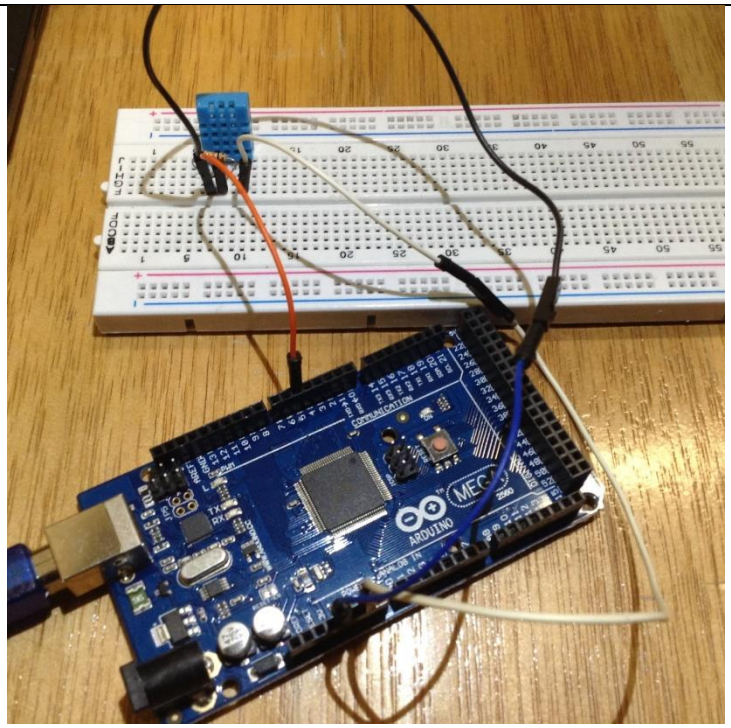
```
#include <DHT11.h>
int pin=2;
DHT11 dht11(pin);

void setup()
   {
       Serial.begin(9600);
   }

void loop()
   {
       int err;
       float temp, hum;
       if((err = dht11.read(hum, temp)) == 0)    // Si devuelve 0 es que ha leic
          {
             Serial.print("Temperatura: ");
             Serial.print(temp);
             Serial.print(" Humedad: ");
             Serial.print(hum);
             Serial.println();
          }
       else
          {
             Serial.println();
             Serial.print("Error Num :");
             Serial.print(err);
             Serial.println();
          }
       delay(10000);            //Recordad que solo lee una vez por segundo
   }
```

PASO3.

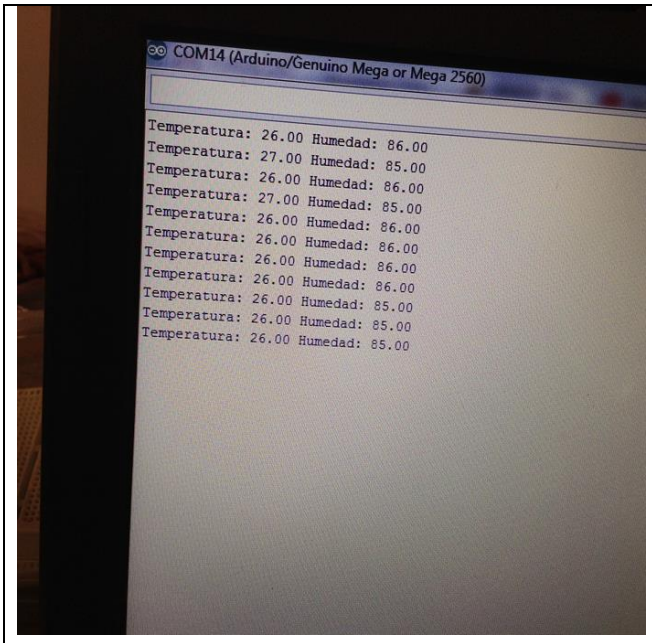
A continuación, se conecta el sensor en una protoboard, de acuerdo con el diagrama que se obtuvo en la página: https://www.prometec.net/sensores-dht11/#



Quedando así conectado en circuito de prueba:



PASO 4. Se tomó el registro de datos de humedad y temperatura en el Aula. Obteniendo los primeros resultados.



Con esta prueba se concluyó la necesidad de cables más largos en el sensor para colocarlo en la parte alta del salón y observar las diferencias en humedad y temperatura. Se observó también que el área de ventilación (ventanas al exterior orientación norte) afectan las mediciones por lo que se sugiere considerar para estudios posteriores el monitorear también la variación en la velocidad y dirección del viento.

III. Pruebas preliminares del sensor infrarrojo.

Se propone el uso de dos piezas de estos sensores para funcionar en forma simultánea con el fin de obtener mayor número de lecturas para obtener el comportamiento Higrotérmico más aproximado posible para conectar los dos sensores se requiere cambiar la *slave adress* de cada sensor y leer los sensores uno a uno con su respectiva *slave* adres.

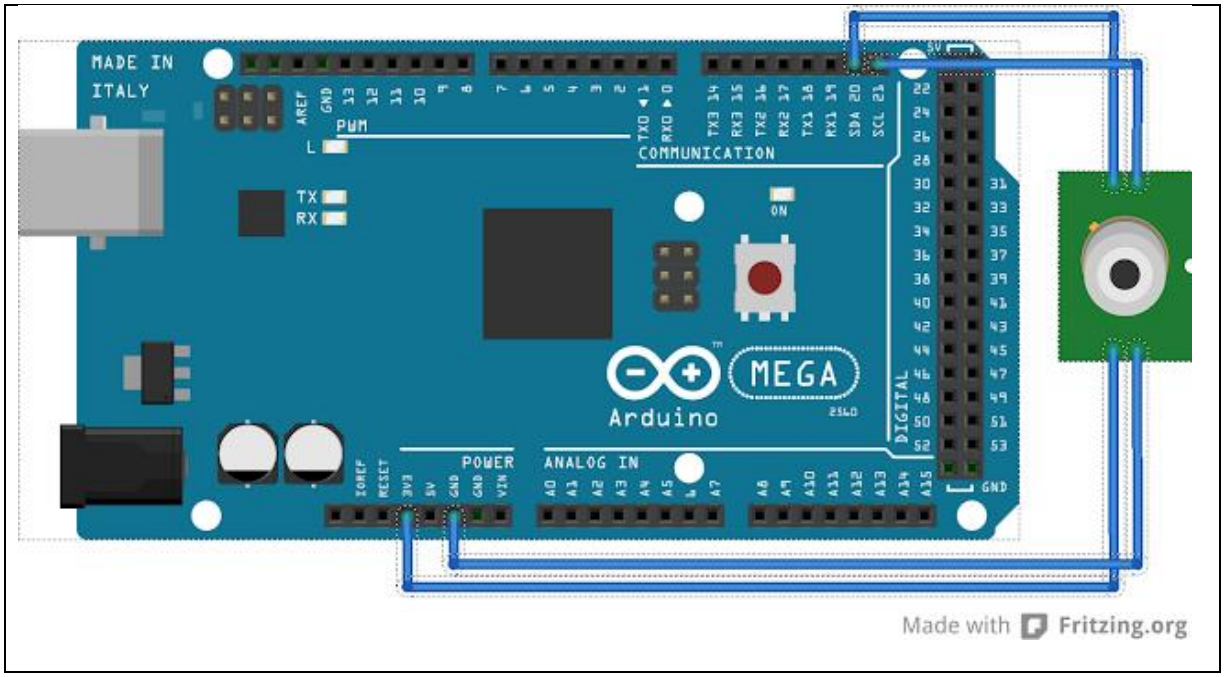
Tomar en cuenta que la *Slave address* de fábrica de los MLX90614 es 0x5A, además tienen una Universal 0x0. Si se conectan ambos sensores con la dirección 0x5A simplemente el Arduino no muestra las lecturas en el Serial monitor.

Para cambiar la dirección se debe hacer con los sensores uno por uno con el siguiente código:

```
#include <i2cmaster.h>

byte MLXAddr = 0x5A<<1;   // Nueva dirección
//byte MLXAddr = 0;       // Dirección universal

void setup(){
 Serial.begin(9600);
 Serial.println("Iniciando...");

 i2c_init();                          //Inicializar i2c bus
 PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5);   //Pullups

 delay(5000);                  // Espera la conexión serial
 cambiarDirec(0x5A, 0x00);       // Cambia la dirección al nuevo valor, en este caso cambia a
0x50
}

void loop(){
}

//Función con comentarios originales de http://forum.arduino.cc
word cambiarDirec(byte NuevaDirec1, byte NuevaDirec2) {

 Serial.println("> Cambiar dirección");

 i2c_start_wait(0 + I2C_WRITE);    //send start condition and write bit
 i2c_write(0x2E);                  //send command for device to return address
 i2c_write(0x00);                  // send low byte zero to erase
 i2c_write(0x00);                  //send high byte zero to erase
 if (i2c_write(0x6F) == 0) {
   i2c_stop();                   //Release bus, end transaction
   Serial.println(" Dato borrado");
 }
 else {
   i2c_stop();                   //Release bus, end transaction
   Serial.println(" Fallo borrando dato");
   return -1;
 }

 Serial.print(" Dato escrito: ");
 Serial.print(NuevaDirec1, HEX);
 Serial.print(", ");
 Serial.println(NuevaDirec2, HEX);
```

```
for (int a = 0; a != 256; a++) {
  i2c_start_wait(0 + I2C_WRITE);  //send start condition and write bit


  i2c_write(0x2E);              //send command for device to return address
  i2c_write(NuevaDirec1);           // send low byte zero to erase
  i2c_write(NuevaDirec2);           //send high byte zero to erase
  if (i2c_write(a) == 0) {
    i2c_stop();                 //Release bus, end transaction
    delay(100);                  // then wait 10ms
    Serial.print("CRC correcto: 0x");
    Serial.println(a, HEX);
    return a;
  }
}
i2c_stop();                     //Release bus, end transaction
Serial.println("CRC Correcto no encontrado");
return -1;
}
```

Para hacerlo, conectar el sensor al Arduino:



En el siguiente fragmento de código sustituir las dos lineas donde esta 0x5A, con el primer sensor en lugar de 0x5A escribir 0x50:

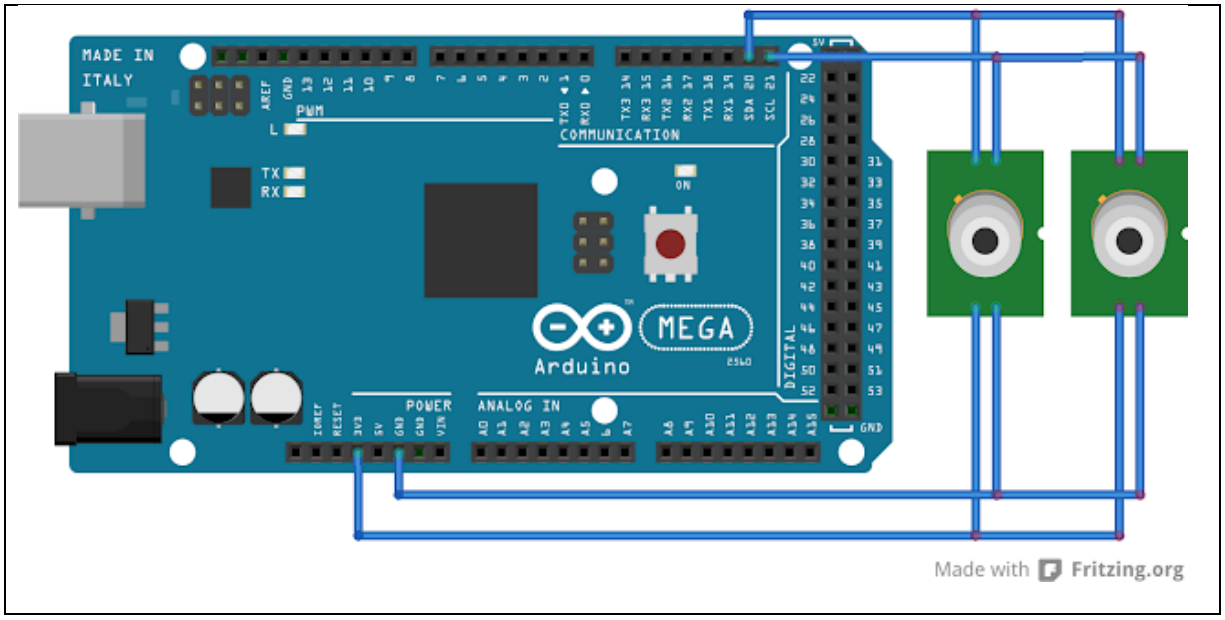
Obtención de las lecturas simultáneas de ambos sensores.

El siguiente código es para obtener la lectura de ambos sensores indicado sus direcciones respectivas:

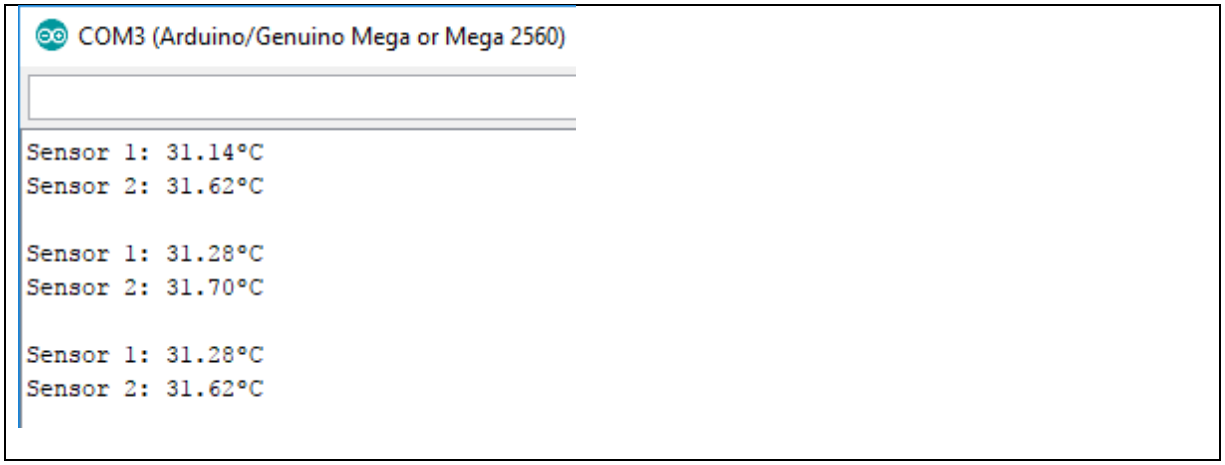
```
#include <i2cmaster.h>

int direccionSensor1 = 0x50<<1;   // Dirección del sensor 1
int direccionSensor2 = 0x55<<1;   // Dirección del sensor 2

float celcius1 = 0;   // Guardara temperatura 1 en Celcius
float celcius2 = 0;   // Guardara temperatura 2 en Celcius

void setup()
{
  Serial.begin(9600);                    // Comunicación serial en 9600bps.
  i2c_init();                        // Inicializar  i2c bus.
  PORTC = (1 << PORTC4) | (1 << PORTC5);    // Pullups.
}

void loop()
{
  celcius1 = temperaturaCelcius(direccionSensor1);   //Lee la temperatura para cada sensor y
  celcius2 = temperaturaCelcius(direccionSensor2);   //lo guarda en la respectiva variable

  /*fahrenheit1 = (celcius1*1.8) + 32;     // Sidesean convertir en Fahrenheit
  fahrenheit2 = (celcius2*1.8) + 32;*/

  Serial.print("Sensor 1: ");
  Serial.print(celcius1);       //Imprimir valor 1
  Serial.print("ºC");
  Serial.println();            //nueva linea
  Serial.print("Sensor 2: ");
  Serial.print(celcius2);       //Imprimir valor 2
  Serial.print("ºC");
  Serial.println();
  Serial.println();

  delay(1000);                       // Espera un segundo para tomar otro par de lecturas
}

//Función con comentarios originales de http://wiki.wiring.co
float temperaturaCelcius(int address) {
  int dev = address;
```

```
int data_low = 0;
 int data_high = 0;
 int pec = 0;

 // Write
 i2c_start_wait(dev+I2C_WRITE);
 i2c_write(0x07);

 // Read
 i2c_rep_start(dev+I2C_READ);
 data_low = i2c_readAck();       // Read 1 byte and then send ack.
 data_high = i2c_readAck();      // Read 1 byte and then send ack.
 pec = i2c_readNak();
 i2c_stop();

 // This converts high and low bytes together and processes temperature,
 // MSB is a error bit and is ignored for temps.
 double tempFactor = 0.02;       // 0.02 degrees per LSB (measurement
                                 // resolution of the MLX90614).
 double tempData = 0x0000;       // Zero out the data
 int frac;                       // Data past the decimal point

 // This masks off the error bit of the high byte, then moves it left
 // 8 bits and adds the low byte.
 tempData = (double)(((data_high & 0x007F) << 8) + data_low);
 tempData = (tempData * tempFactor)-0.01;
 float celcius = tempData - 273.15;

 // Returns temperature un Celcius.
 return celcius;
}
```

El código ya tiene las dos direcciones que se han indicado antes 0x50 y 0x55, la otra dirección que pueden probar para un tercer sensor es la que trae de fábrica 0x5A. Aparte de estas tres aún no se cuenta con investigaciones para definir otras y conectar 4 o más sensores.



Se ejecuta el código y se ven ambos valores en el Monitor serie:



Se realizó esta conexión y procedimiento para comprobar si la propuesta era viable y correcta, lo cual se comprobó.

IV. Gestión del proyecto.

Se expone como resultado el documento final de gestión del proyecto que se realizó como parte de los trabajos de asignatura Temas Selectos II de la Maestría en Ingeniería.

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DE PROYECTO
SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS	**SMHT-19**
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO QUÉ, QUIÉN, CÓMO, CUANDO Y DÓNDE	
Diseñar un sistema de monitoreo que mide, en periodos de tiempo establecidos, el comportamiento higrotérmico de espacios arquitectónicos interiores, en relación con las condiciones de humedad y temperatura en el exterior, para obtener información precisa del comportamiento de materiales combinados en diferentes sistemas constructivos con la finalidad de colaborar con la toma de decisiones en las estrategias de diseño El sistema de monitoreo se desarrolla como proyecto de la línea de Automatización y Sustentabilidad de la Maestría en Ingeniería del Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, por la estudiante Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes. El proyecto se llevará a cabo de agosto de 2017 a junio de 2019. Las pruebas del dispositivo se realizarán en el Laboratorio de Arquitectura Bioclimática del Tecnológico Nacional de México Campus Querétaro Plantel Norte.	
DEFINICIÓN DEL PRODUCTO, SERVICIO DEL PROYECTO	
El sistema de monitoreo se compone de dos dispositivos (interior y exterior), la estructura de soporte, el programa que integra el funcionamiento de los sensores y el programa que permite observar las lecturas del sistema en graficas comparativas.	

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Diseñar un sistema de monitoreo del comportamiento higrotérmico de un espacio arquitectónico interior y las condiciones higrotérmicas del exterior que impactan sobre la envolvente edificada a través de un dispositivo electrónico.	Determinar el proceso de monitoreo higrotérmico del espacio arquitectónico para determinar las variables y los rangos de medición en los muros que delimitan el espacio arquitectónico. Identificar los instrumentos digitales adecuados para medir la humedad, temperatura ambiente y la temperatura superficial del muro delimitante, en el interior y exterior de un espacio arquitectónico para conformar el dispositivo electrónico.
	Diseñar e integrar el dispositivo electrónico y la estructura de soporte para medir la temperatura ambiente, la humedad

	y la temperatura superficial en el interior y el exterior del muro de la envolvente sujeto de estudio. Codificar las lecturas a través de software en gráficas comparativas que permita la visualización del comportamiento higrotérmico para facilitar la toma de decisiones en el diseño de estrategias de diseño arquitectónico bioclimático.	
	Concluir los requisitos de proyecto para la obtención del grado de Maestría en Ingeniería del Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro.	
CONCEPTO	**OBJETIVOS**	**CRITERIO DE ÉXITO**
ALCANCE	Monitorear las condiciones higrotérmicas de un espacio arquitectónico interior, con respecto a las condiciones higrotérmicas exteriores, para conocer el comportamiento de la combinación de materiales en el muro en la envolvente.	El sistema debe adaptarse mediante su estructura de soporte a diferentes tipos de espacios arquitectónicos y registrar las lecturas del monitoreo en el periodo de tiempo determinado para el estudio.
TIEMPO	Desarrollar el proyecto de agosto del 2017 a junio del 2019	El sistema debe estar en funcionamiento para febrero del 2019.
	Escribir tesis de grado en el periodo ene-jun 2019	La tesis debe estar revisada y autorizada para presentación de titulación de grado.
COSTO	Mantener los gastos dentro del presupuesto de $413,831.80	El costo no debe exceder el 5% del presupuesto
FINALIDADES DEL PROYECTO: FIN ÚLTIMO, PROPÓSITO U OBJETIVO EN NIVEL SUPERIOR AL INFERIOR CON BASE EN LA CLASIFICACIÓN DE CADA PROGRAMA O POR PORTAFOLIO		
1. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL. Recopilar información que conforma la base teórico-científica que sustenta el estudio de las variables, los rangos y las mediciones del sistema de monitoreo higrotérmico. 1.1 Aspectos físicos del ambiente. Identificar de los factores que componen y caracterizan el ambiente térmico para conocer las cantidades físicas medibles que impactan sobre la envolvente de una edificación, cuales son sus unidades y los rangos para establecer las variables del sistema de monitoreo. Conocer los datos climáticos del Estado de Querétaro como un referente de las características del microclima en las diferentes zonas climáticas del estado. 1.2 Tecnología. Conocer los diferentes Instrumentos de medida para la temperatura en sus tipos, características y costos para tomar la decisión de seleccionar los más adecuados para el dispositivo electrónico.		

1.3 Confort. Estudiar la relación de las medidas de humedad y temperatura con el confort térmico, su importancia frente al ahorro energético y el bienestar higrotérmico en interiores.
1.4 Normatividad. Identificar las normas oficiales mexicanas de ahorro energético en las que se incluyen los parámetros normativos de la envolvente edificada.
1.5 Estado del arte. Analizar proyectos análogos, identificando conceptos o conclusiones que colaboren con el soporte teórico del proyecto.
1.6 Análisis de gestión de proyecto.
Identificación de los paquetes de trabajo, Análisis de costos, beneficios y riesgos del proyecto.

2. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA. Diseñar el proceso de integración de los elementos que conforman el sistema de monitoreo higrotérmico.

2.1 Conformar el dispositivo electrónico que mida: humedad, temperatura ambiente, y temperatura superficial, muestre las lecturas en una pantalla LCD y las registre en una memoria digital.

2.1.1 Seleccionar y adquirir los componentes electrónicos del dispositivo.
2.1.2 Identificar los programas de operación y realizar pruebas con la plataforma Arduino y los sensores DHT-11 y MLX-90604.
2.1.3 Integrar los programas específicos a un programa general de operación realizar pruebas para toma de lecturas simultáneas.
2.1.4 Integrar el módulo de memoria SD, para registro de lecturas en memoria microSD de 8G.
2.1.5 Integrar programa y pantalla LCD con potenciómetro con para visualizar las lecturas.
2.1.6 Integrar ventilador y adaptador para eliminador de corriente 12V.

2.2 Diseñar la estructura de soporte para el dispositivo electrónico en su modalidad exterior e
Interior para facilitar el monitoreo.

2.2.1 Seleccionar y adquirir caja de plástico para componentes electrónicos, base tripie de acero, tubo de CPVC de ¾” con tapa para soporte principal, cables de extensión y tornillería para sujetar sensores y caja de dispositivo interior.
2.2.2 Seleccionar y adquirir caja de plástico para componentes electrónicos, perfil de acero para apoyar sensores, cable de acero de 5/8” para sostener colgado el dispositivo electrónico, tornillería, cables de extensión y cubierta plástica de cables de sensores.

2.3 Probar el sistema con ambos dispositivos en un espacio arquitectónico.

2.4 Diseñar la presentación del comportamiento higrotérmico con gráficas que permitan la visualización de las lecturas en las variables de forma comparativa.

3. REQUERIMIENTOS PARA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRIA.
   3.1 Realizar los procesos administrativos de ingreso, reinscripción semestral, seguimiento durante los estudios de Maestría y Titulación.
   3.2 Acreditar las asignaturas del plan de estudios de la Maestría en Ingeniería en la línea de Automatización y sustentabilidad.
   3.3 Realizar una estancia en el Laboratorio de Arquitectura Bioclimática del Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, Plantel Norte.
   3.4 Presentar un producto académico Ponencia en Congreso Académico o Artículo indexado con temática relativa al proyecto desarrollado en la Maestría.
   3.5 Liquidar el costo de la Maestría que incluye: Curso Propedéutico, Inscripción inicial, reinscripción semestral, 24 mensualidades y gastos de titulación.
   3.6 Acreditar el curso de preparación y examen TOEFL (400 puntos) del idioma inglés.
   3.7 Presentación de Tesis de grado en acto de titulación.
   3.8

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: MOTIVOS, RAZONES O ARGUMENTOS QUE EXPLICAN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El sistema de monitoreo higrotérmico de espacios arquitectónicos mide y registra las variables climáticas del caso de estudio, así como las que se encuentran limitadas por materiales de construcción combinados y, a través de gráficas de comportamiento, permite el análisis higrotérmico.
Al tener conocimiento del comportamiento térmico real de la combinación de diferentes materiales, la forma y la orientación, se podrán aplicar más puntualmente los conceptos de geometría solar y métodos de adaptación climática natural en las edificaciones.

Por otro lado, este sistema, será probado en el laboratorio de Arquitectura Bioclimática en el Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, Plantel Norte, con la intención de proveer a los estudiantes herramientas para la toma de decisiones en diseño de proyectos acorde a las políticas estatales, nacionales e internacionales en temas de sustentabilidad.

Este proyecto contribuye con los proyectos del programa institucional anual 2017: Proyecto 2. Formación docente, en el objetivo 1.1.3 para promover el desarrollo docente y profesional del profesorado (formación, actualización y capacitación).
En el proyecto 10. Fortalecimiento de la infraestructura educativa, científica y tecnológica en sus líneas de acción 4.4.4 Propiciar el aprovechamiento compartido de las instalaciones para las actividades científicas, tecnológicas y de innovación y 6.2.2 Fortalecer la infraestructura física y el equipamiento de los institutos, unidades y centros de nueva creación.

DESIGNACIÓN DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO		
		ROL
NOMBRE	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	Responsable del proyecto
REPORTA A	M. Arq. Elizabeth López Alvarado	Revisor en el Laboratorio de Arquitectura Bioclimática
SUPERVISA	M A. Teresa de Jesús Gómez Lemus	Revisor en la Maestría de Ingeniería

PROGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO	
HITO EVENTO SIGNIFICATIVO	**FECHA PROGRAMADA**
Presentación de Avance de proyecto en XI Foro de Proyectos de investigación.	28 mayo 2018
Presentación de Avance de Proyecto en XII Foro de Proyectos de Investigación	26 nov 2018
Presentación de ponencia en Congreso Académico	Pendiente
Presentación Final de Proyecto en Foro de Proyectos de Investigación	Pendiente
Titulación	Pendiente

ORGANIZACIONES O GRUPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO	
ORGANIZACIÓN O GRUPO	**ROL QUE DESEMPEÑA**
Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, DEPI	Autoriza y revisa el seguimiento del proyecto.
Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro, Depto. Ciencias de la Tierra, Laboratorio de Arquitectura Bioclimática	Autoriza y revisa el seguimiento del proyecto.

PRINCIPALES AMENZAZAS DEL PROYECTO (RESGOS NEGATIVOS)
1. Inexperiencia en el funcionamiento de los componentes electrónicos con motivo de la diferencia de área de formación académica puede generar retrasos en la identificación y solución de fallos en el dispositivo.
2. Dependencia de permisos para permanecer en los espacios arquitectónicos para realizar el monitoreo en periodos prolongados.
3. El dispositivo exterior debe colocarse bajo un volado ya que no tiene protección contra lluvia.
4. La envolvente de cristales no puede ser monitoreada, pues los sensores son de infrarrojo.
5. Falta de valoración de la importancia de conocer los datos del microclima, que demerita el uso del sistema de monitoreo.

PRINCIPALES FORTALEZAS DEL PROYECTO (RESGOS POSITIVOS)
1. Proporciona un registro de comportamiento higrotérmico real, útil en la toma de decisiones para diseño arquitectónico y elección de materiales que puede recopilarse de manera digital.
2. Si el sistema se reproduce, pueden monitorearse otros elementos de la envolvente de manera simultánea.
3. La presentación de los resultados en forma gráfica es de fácil visualización
4. Por medio del monitoreo se pueden proponer intervenciones en puntos críticos de edificaciones sujetas a remodelación o mejora.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO		
	CONCEPTO	MONTO
1. Personal	Responsable del proyecto	$ 240,000.00
2. Materiales	Papelería	$365.80
	Copias e impresiones	$110.00
	Componentes electrónicos	$4383.50
	Estructura de soporte interior	$497.00
	Estructura de soporte exterior	$188.00
3. Equipos	Instrumentos de medición	$726.50
	Herramientas	$994.00
	Equipo de cómputo	$747.00
	Software	$1750.00
4. Gastos de reserva	Trámite de titulación	$5000.00
	Participación en Congreso Académico	$10000.00
	Curso de Inglés	$10000.00
	Pago de Examen TOEFL	$1000.00
5. Otros gastos	Pago de colegiatura de Maestría	$53,550.00
	Transporte	$4920.00
	T O T A L	**$ 353,831.80**

RESPONSABLE – AUTORIZA EL PROYECTO			
Nombre	**Empresa**	**Cargo**	**Fecha**
M.A. Teresa de Jesús Gómez Lemus	TecNM Querétaro	Director de Tesis	
M. Arq. Elizabeth López Alvarado	TecNM Querétaro	Co-Director de Tesis	
Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	TecNM Querétaro	Responsable proyecto	
INTEGRAR CONTRATO, CONVENIO, ETC., QUE IDENTIFIQUE EL PROYECTO			

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Querétaro

Querétaro, Qro., 16/Octubre/2018
DIV. DE EST. POSG. E INV.
DEPI-387/2018

Arq. Alejandro Eduardo García Coello
Jefe del Departamento de Ciencias de la Tierra
Tecnológico Nacional de México
Campus Querétaro, Plantel Norte
PRESENTE

Con el fin de apoyar las acciones conjuntas del logro de proyectos institucionales, **hago a Usted la solicitud Formal para recibir** a la Arq. MARTHA PATRICIA BOCANEGRA FUENTES, estudiante de la Maestría en Ingeniería, con número de control M86140144 para desarrollar, a través de una Estancia Profesional, el proyecto "SISTEMA DE MONITOREO HIGROTÉRMICO PARA ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS" como tesis de grado. Dicha estancia se realizaría durante el periodo AGOSTO-DICIEMBRE DEL 2018, en el Laboratorio de Arquitectura Bioclimática del plantel norte y en la que la Arq. Elizabeth López Alvarado fungirá como responsable directo.

Por lo anterior le solicito amablemente se brinden las facilidades necesarias, a efecto de llevar a cabo las acciones que el proyecto demande; y con ello la Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes, pueda concluir en forma exitosa el programa de estudios.

Sin más por el momento, agradezco su disposición y valioso apoyo.

ATENTAMENTE
EXCELENCIA EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA
"la tierra será como sean los hombres"

M.C. Omar Alejandro Cervantes Gloria
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

C.c.c Archivo

SEP
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CAMPUS NORTE
2 3 OCT. 2018
RECIBIDO

23/OCT/18

Av. Tecnológico s/n esq. Mariano Escobedo, Col. Centro, C.P. 76000, Querétaro, Qro., México
Campus Centro Tel. 01(442) 2274400
Campus Norte 01(442) 2435554
www.itq.edu.mx

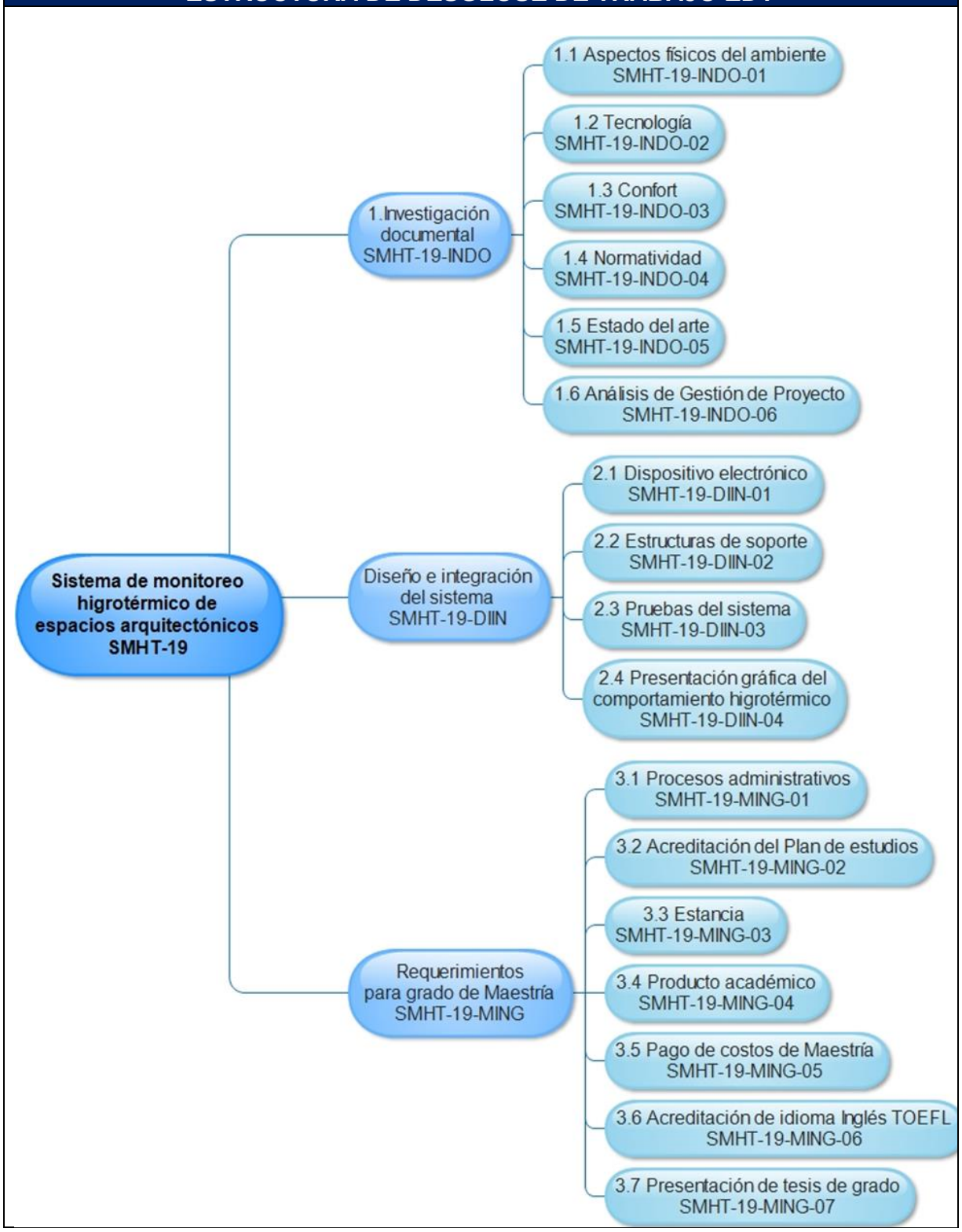
APROBACIÓN DEL PATROCINADOR DEL PROYECTO
No aplica

CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA EN LA QUE DESARROLLARÁ EL PROYECTO	
Misión	"Somos una Institución de Educación Superior y Posgrado que forma profesionales mediante un modelo educativo integral de calidad, que garantiza una formación técnica humanística con capacidad para investigar y aplicar tecnología con impacto en el desarrollo de la sociedad"
Visión	Ser la mejor Institución de Educación Superior del país con alto reconocimiento a nivel Nacional e Internacional por la calidad de sus egresados en los ámbitos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, contribuyendo al fortalecimiento Regional, Nacional e Internacional.
Valores	1. Compromiso. La convicción de actuar de manera congruente con los lineamientos y objetivos institucionales, con apego a las leyes, reglamentos y normas que nos rigen. 2. Equidad. Actuar con igualdad, imparcialidad y justicia, sin distinción de sexo, edad, raza, credo, religión o preferencia política. 3. Transparencia. Proporcionar y difundir información oportuna del uso de los recursos institucionales. 4. Identidad Nacional. Promover el sentido de pertenencia hacia nuestras raíces culturales que nos identifican como nación. 5. Integridad. Mantener una conducta pública y privada honesta y digna de credibilidad, que contribuya a fomentar una cultura de confianza y verdad. 6. Trabajo en equipo. La participación proactiva de todos los miembros de la Institución para el logro de los objetivos. 7. Desarrollo Sustentable. Promover el respeto y cuidado de los recursos naturales, estableciendo las condiciones óptimas para el sano desarrollo social y cultural, que se refleje en una mejora continua. 8. Innovación. Desarrollar competencias que fomenten la creación de proyectos encaminados a satisfacer necesidades de la sociedad.
Política de calidad Integral	En el Instituto Tecnológico de Querétaro establecemos el compromiso de orientar nuestros procesos hacia la satisfacción del cliente, sustentada en la Calidad del Proceso Educativo, mediante la eficacia del Sistema de

	Gestión Integrado. Asimismo, estamos comprometidos a trabajar en completa armonía con el medio ambiente, controlando los impactos ambientales resultado de nuestras actividades, productos y servicios, previniendo la contaminación. Desarrollamos objetivos, metas y programas para prevenir el daño y deterioro de la salud, asegurando el bienestar de nuestros estudiantes, personal, contratistas, visitantes y cualquier otra persona en la institución. Somos conscientes de la necesidad de la administración efectiva de la energía, orientando nuestros esfuerzos para este fin y para la mejora de la eficiencia energética, mediante la disponibilidad de recursos e información y la concientización del personal. Esto incluye la adquisición de nuevo equipo o su renovación. Buscamos el crecimiento como Institución, manteniendo el enfoque permanente de mejora continua en nuestros procesos. Cumplimos los requisitos legales aplicables a nuestro sistema de gestión integral y otros requisitos suscritos, incluyendo los requisitos de las partes interesadas, conforme a las normas: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, OHSAS 18001:2007 e ISO 50001:2011.
Política ambiental	Incluida en la política integral
Cobertura	El Tecnológico Nacional de México está constituido por 266 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos federales, 134 Institutos Tecnológicos Descentralizados, cuatro Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de 521,105 estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional.
Certificaciones	
Productos o servicios	Es una institución pública de formación en educación superior y de posgrado. Actualmente, imparte 10 carreras a nivel licenciatura y 1 a nivel posgrado en las áreas de Ingeniería y Arquitectura.
Historia de la empresa	El Instituto Tecnológico de Querétaro fue creado el 2 de enero de 1967 en las instalaciones de la Escuela Técnica Industrial No. 59. El 15 de mayo del mismo año, el presidente de la republica Lic.

	Gustavo Díaz Ordaz hace entrega oficial del instituto “campus centro” las actuales instalaciones del instituto a su primer director el ing. Rodolfo Vera Zapata, en sus inicios el instituto comenzó con 4184 alumnos y 284 profesores. El instituto tecnológico de Querétaro fue creado con el fin de satisfacer las demandas de la educación de la región donde se encuentra. Y como uno de los 76 institutos que ofrecen enseñanza a nivel superior y posgrado, ha desarrollado la formación de profesionales con niveles de excelencia en el campo de su especialidad, contribuyendo con ello al progreso del país. El 23 de julio de 2014 fue publicado, en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México (TecNM). De acuerdo con el Decreto citado, el TecNM se funda como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública, que sustituye a la unidad administrativa que se hacía cargo de coordinar este importante subsistema de educación superior.

ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO EDT



MATRIZ DE RESPONSABILIDADES PARTE I.

MATRIZ RACI

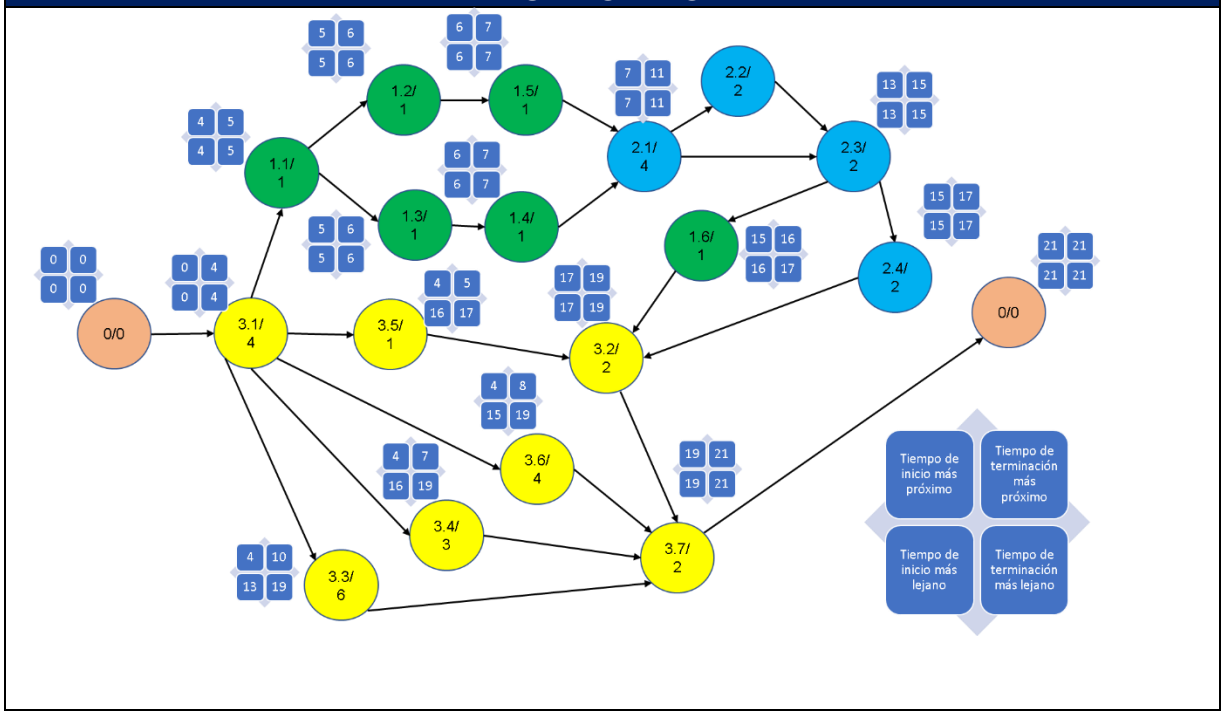
R = Responsable A = Aprueba C = Consulta I = Inf

clave	paquete de trabajo	Arq. M. Patricia Bocanegra Fuentes	M.A. Teresa de Jesús Gómez Lemus	M. Arq. Elizabeth López Alvarado	M.C. Omar Alejandro Cervantes Gloria	Comité Tutorial	Dr. José Arturo Toscano Giles	M.I.E. María Teresa López Ostria	Ar
SMHT-19-INDO-01	1.1 Aspectos físicos del ambiente	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-INDO-02	1.2 Tecnología	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-INDO-03	1.3 Confort	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-INDO-04	1.4 Normatividad	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-INDO-05	1.5 Estado del Arte	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-INDO-06	1.6 Análsis de Gestión de Proyecto	R	I	I	I	I	-	A	
SMHT-19-DIIN-01	2.1 Dispositivo electrónico	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-DIIN-02	2.2 Estructuras de soporte	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-DIIN-03	2.3 Pruebas del sistema	R	A	A	I	I	-	-	
SMHT-19-DIIN-04	2.4 Presentación gráfica de monitoreo	R	A	A	I	I	-	-	

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES PARTE II.

		R = Responsable		A = Aprueba		C = Consulta		I = Infor	
clave	paquete de trabajo	Arq. M. Patricia Bocanegra Fuentes	M.A. Teresa de Jesús Gómez Lemus	M. Arq. Elizabeth López Alvarado	M.C. Omar Alejandro Cervantes Gloria	Comité Tutorial	Dr. José Arturo Toscano Giles	M.I.E. María Teresa López Ostria	Arq. E.
SMHT-19-MING-01	3.1 Procesos administrativos	R	I	I	C	I	A	-	
SMHT-19-MING-02	3.2 Acreditación del plan de estudios	R	I	I	I	I	A	-	
SMHT-19-MING-03	3.3 Estancia	R	C	A	I	I	I	-	
SMHT-19-MING-04	3.4 Producto académico	R	A	A	I	A	I	-	
SMHT-19-MING-05	3.5 Pago de costos de Maestría	R	I	-	-	I	A	-	
SMHT-19-MING-06	3.6 Acreditación del idioma inglés TOEFL	R	I	-	-	-	A	-	
SMHT-19-MING-07	3.7 Presentación de tesis de grado	R	A	A	A	A	C	-	

RUTA CRÍTICA



Como puede observarse en la gráfica de la ruta crítica, las actividades están clasificadas por color de acuerdo al grupo de tareas descritas en la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo), verde las relativas a la investigación documental, de azul las correspondientes al Diseño y Construcción del Sistema, en amarillo los requerimientos para la obtención del Grado de Maestría, conectadas con sus predecesoras y consecuentes, la ruta crítica en este caso en particular está condicionada a la actividades del rubro en amarillo en la que no se obtuvo holguras pues los tiempos están determinados por los semestres cursados y la elaboración y autorización de la Tesis de grado.

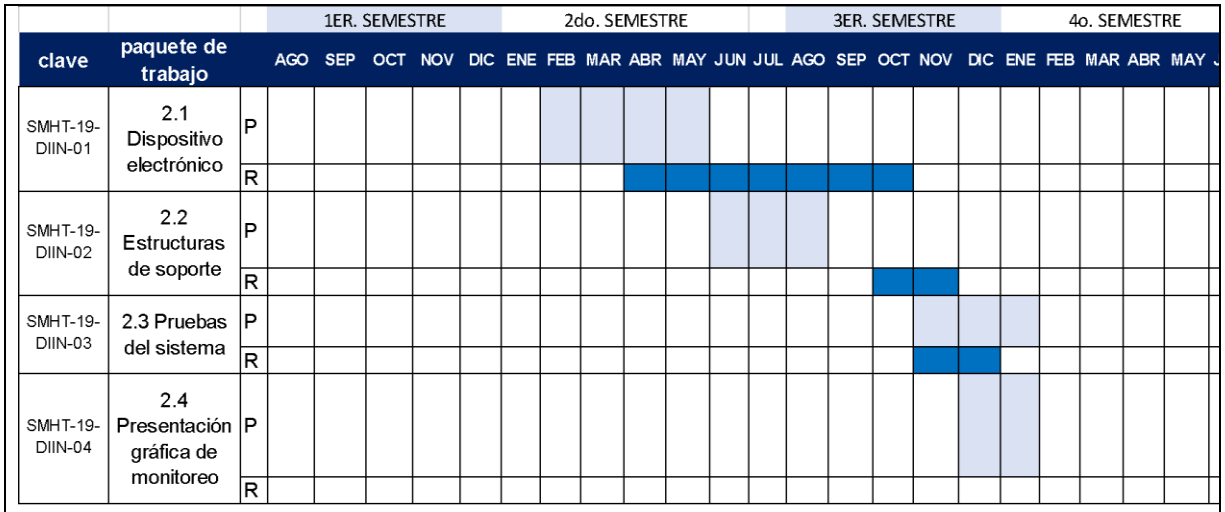
CLAVE	ACTIVIDAD	PREDECESORA INMEDIATA	DURACIÓN meses
SMHT-19-INDO	**1 INVESTIGACION DOCUMENTAL**		
SMHT-19-INDO-01	1.1 Aspectos físicos del ambiente.	3.1	1
SMHT-19-INDO-02	1.2 Tecnología	1.1	1
SMHT-19-INDO-03	1.3 Confort	1.1	1
SMHT-19-INDO-04	1.4 Normatividad	1.3	1
SMHT-19-INDO-05	1.5 Estado del Arte	1.2	1
SMHT-19-INDO-06	1.6 Gestión de proyecto	2.3	1
SMHT-19-DIIN	**2 DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA**		
SMHT-19-DIIN-01	2.1 Dispositivo electrónico	1.4,1.5	4
SMHT-19-DIIN-02	2.2 Estructuras de soporte	2.1	2
SMHT-19-DIIN-03	2.3 Pruebas del sistema	2.1,2.2	2
SMHT-19-DIIN-04	2.4 Presentación gráfica del monitoreo	2.3	2
SMHT-19-MING-	**3 REQUERIMIENTOS PARA OBTENER GRADO DE MAESTRÍA**		
SMHT-19-MING-01	3.1 Procesos administrativos	-	4
SMHT-19-MING-02	3.2 Acreditación del plan de estudios	1.6, 2.4, 3.5, 3.6	2
SMHT-19-MING-03	3.3 Estancia	3.1	6
SMHT-19-MING-04	3.4 Producto académico	3.1	3
SMHT-19-MING-05	3.5 Pago de costos de Maestría	3.1	1
SMHT-19-MING-06	3.6 Acreditación del idioma inglés TOEFL	3.1	4
SMHT-19-MING-07	3.7 Presentación de tesis de grado	3.2,3.3,3.4,3.6	2

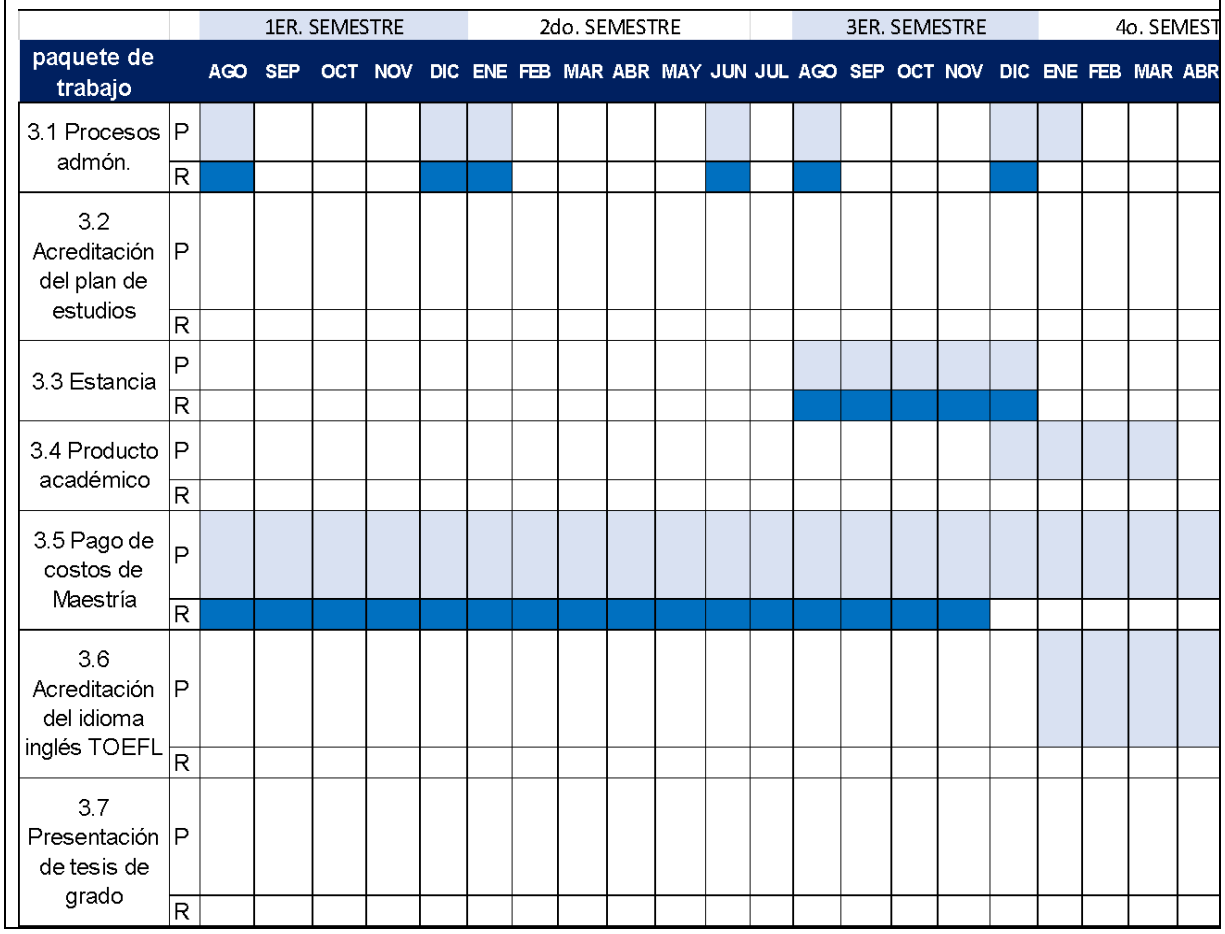
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

Caracterización de proceso/ Sistema de monitoreo higrotérmico de espacios arquitectónicos					**SMHT**
Responsable	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	**Objetivo**	Diseñar un sistema de monitoreo del comportamiento higrotérmico de un es arquitectónico interior y las condiciones higrotérmicas del exterior que impa la envolvente edificada a través de un dispositivo electrónico.		
Aplicación dentro de la norma ISO 9001:2015		4.0 Sistemas de gestión y sus procesos. 6.0 Planificación. 7.1.5 Trazabilidad		8.1 Planificación y control operac 8.3.6 Cambio del diseño y provee 10.3 Mejora continua.	
Proceso de origen	**Entradas**	**Planear**	**Hacer**	**Salida**	**Proceso d**
Proyecto de equipamiento del Laboratorio de Arquitectura Bioclimática en el Plantel Norte del TecNM campus Querétaro.	a) Requerimientos del sistema de monitoreo higrotérmico. b) Posibilidad de proyecto para obtener grado de Maestría.	1. Fases de desarrollo del proyecto. 2. Tiempos para análisis y diseño en Laboratorio.	1. Desgloce de procesos de proyecto. 2. Diseño del dispositivo. 3. Adquisición de materiales del dispositivo. 4. Integración del dispositivo electrónico. 5. Realización de pruebas de dispositivo.	Manual del Usuario del Sistema de Monitoreo Higrotérmico	Registro de
		Verificar	**Actuar**		
		1. El dispositivo enciende y que los sensores están leyendo correctamente. 2. No existe sobrecalentamiento durante monitoreo prolongado.	1. Reiniciar las lecturas en caso de interrupción de energía eléctrica. 2. Suspender el monitoreo en caso de sobrecalientamiento o lluvia.		
Documentos	Procedimiento para usar el dispositivo		**Formatos**	Registro de Pruebas del sister	
Parámetro de medición					
Indicador	Cumplimiento en función y diseño	**Frecuencia**	Por proyecto	**Responsable**	Arq. Martha P Bocanegra Fu

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

		1ER. SEMESTRE					2do. SEMESTRE							3ER. SEMESTRE					4o. SEMESTRE				
paquete de trabajo		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
1.1 Aspectos físicos del ambiente	P																						
	R																						
1.2 Tecnología	P																						
	R																						
1.3 Confort	P																						
	R																						
1.4 Normatividad	P																						
	R																						
1.5 Estado del Arte	P																						
	R																						
1.6 Análsis de Gestión de Proyecto	P																						
	R																						





IDENTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA DE ESTIMACIÓN DEL COSTO

La técnica básica es la **ASCENDENTE** que requiere la estimación de las actividades individuales y los costos de cada recurso para sumarlos y obtener el total del proyecto.

SISTEMA DE GESTIÓN DEL VALOR GANADO

El EVM (Earned Value Management) sistema de gestión del valor ganado es un méotdo objetivo para medir el desempeño del proyecto en lo referente al alcance tiempo y costo. Da respuesta a tres aspectos: Qué tanto trabajo se planificó, que trabajo actualmente se ha completado y qué tanto a costado completarlo.

Acrónimo	Denominación	Representación
PV	**Valor planeado**	*Representa el costo del presupuesto para todas las tareas que fueron planeadas empezar y terminar en el momento del análisis*
EV	**Valor ganado**	*Representa la suma de todo el costo del presupuesto del trabajo realizado en el momento del análisis*
AC	**Costo actual**	*Es el costo real del trabajo realizado en el momento del análisis.*
CV	**Variación de costo**	*Es el valor obtenido deduciendo los costos reales del proyecto del Valor Ganado, muestra la diferencia entre el costo estimado de una actividad y el costo real de la actividad.*
SV	**Variación del cronograma**	*Muestra la diferencia entre el cumplimiento del cronograma de una actividad y el cumplimiento real de esa actividad.*
CPI	**Índice de ejecución del costo (Cost Performance index)**	*Es el coeficiente del valor ganado para el costo real y se utiliza para estimar los costos proyectados de completar el proyecto.*
SPI	**Índice de ejecución del cronograma (Shedule Performance index)**	*Estima el tiempo proyectado para completar el proyecto.*
EAC	**Estimado del costo total del proyecto (Estimate at completion)**	*Es el estimado del costo total del proyecto, a medida que avanza el tiempo. Se calcula, sumando el costo acumulado del proyecto (a la fecha), con el ETC*
ETC	**Estimado del desempeño acumulado Estimate to complete**	*Es el estimado para corregir el monto del saldo del trabajo por realizar. Existen cuatro formas de definirlo.* *1. ETC1 se usa un nuevo cálculo del estimado.* *2. ETC2 asume que el costo del saldo será igual al costo estimado del trabajo previsto, usando los costos del presupuesto original, es decir, asumiendo que el rendimiento que generó un CPI distinto a la fecha ha sido un fenómeno inusual y que el saldo del proyecto no se van a seguir dando diferencias de desempeño con respecto a lo previsto.* *3. ETC 3 se estima que el proyecto seguirá generando las ineficiencias (o mejores eficiencias) que las logradas a la fecha,* *4. ETC 4 es similar a la tercera, pero aquí corregimos también por el SPI. Esta opción se utiliza cuando el proyecto tiene una fecha de terminación inamovible.*
TCCPI	**Saldo del proyecto (To complete CPI)**	*Indica el CPI que se tendría que tener en el saldo del proyecto si es que se desea cumplir con el presupuesto original.*

El proyecto debe realizarse en 24 meses con un presupuesto de $ 353,831.76, hemos finalizado el mes 18, se ha realizado el 75% del proyecto con un costo de $203,311.00.

MES	gasto mensual	acumulado	avance esperado	avance real	costo acumulado
1	$ 10,079.30	$ 10,079.30	3%		
2	$ 10,079.30	$ 20,158.60	7%		
3	$ 10,079.30	$ 30,237.90	10%		
4	$ 10,079.30	$ 40,317.20	14%		
5	$ 10,079.30	$ 50,396.50	17%		
6	$ 10,079.30	$ 60,475.80	20%		
7	$ 10,773.83	$ 71,249.63	29%		
8	$ 10,773.83	$ 82,023.46	37%		
9	$ 10,773.83	$ 92,797.29	44%		
10	$ 10,773.83	$ 103,571.12	50%		
11	$ 10,773.83	$ 114,344.95	53%		
12	$ 10,773.83	$ 125,118.78	65%		
13	$ 10,773.83	$ 135,892.61	73%		
14	$ 10,773.83	$ 146,666.44	75%		
15	$ 10,773.83	$ 157,440.27	78%		
16	$ 10,773.83	$ 168,214.10	80%		
17	$ 10,773.83	$ 178,987.93	82%		
18	$ 10,773.83	$ 189,761.76	84%	75%	$ 203,311.00
19	$ 27,345.00	$ 217,106.76	85%		
20	$ 27,345.00	$ 244,451.76	87%		
21	$ 27,345.00	$ 271,796.76	88%		
22	$ 27,345.00	$ 299,141.76	90%		
23	$ 27,345.00	$ 326,486.76	95%		
24	$ 27,345.00	$ 353,831.76	100%		
	avance esp	84%			
	PV	$ 189,761.76			
	AC	$ 203,311.00			
	EV	$ 169,430.14			
	CV= EV-AC	-$ 33,880.86	CV< 0 HEMOS GASTADO MAS DE LO PLANEADO		
	SV=EV-PV	-$ 20,331.62	SV <0 VAMOS RETRASADOS		
	CPI =EV/AC	0.83335453			
	SPI= EV/PV	0.892857143	AMBOS INDICES SON DESFAVORABLES		
	CPI/SPI	0.933357074	PUEDE MEJORAR		

Desviación del cronograma:

Si queremos averiguar la desviación del cronograma del Proyecto (SV)
Se realiza la resta entre EV y PV (SV = EV-PV), obteniendo una desviación en cifras.

SV < 0 entonces vamos con retraso respecto a la planificación
SV > 0 entonces vamos por delante con respecto a la plnificación

Desempeño del cronograma:

Si se quiere calcular el índice de desempeño del cronograma del Proyecto (SPI)
Tendremos como indicador un porcentaje y haremos una división (SPI = EV/PV)

SPI < 1 indica que no se hace uso eficiente del tiempo.
SPI > 1 inidica que se está haciendo uso eficiente del tiempo.

Costo del Proyecto:
Si se requiere observar el costo del proyecto al tiempo actual se realiza el encontrando el valor de CV (cost value), restando entre el Earned Value (EV) y el Avtual Costs (AC)
CV = EV-AC esta diferencia nos dirá la desviación del costo

CV< 0 Estamos por encima del presupuesto
CV> 0 Estamos por debajo del presupuesto

Desempeño del costo
Si queremos calcular el desempeño del costo se realiza la división CPI = EV/AC, obteniendo como indicador un porcentaje.

CPI< 1 Existe uso ineficiente de los recursos
CPI >1 Exste uso eficiente de los recursos

Indice de costo-programación (CSI = CPI x SPI).

Entre más se aleje CSI de 1 menor es la posibilidad de que el proyecto se recupere.
El análisis del valor agregado para el proyecto concluyó sus resultados como se indica en la tabla, se ha gastado mas de lo planeado y vamos retrasados, aunque amgos indices son desfavorables, de acuerdo con el ultimo valor de la tabla el proyecto tiene posibilidades de recuperación.

ESTIMACIÓN DE COSTOS

clave	paquete de trabajo	categoría	concepto	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
SMHT-19-INDO	**INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**						
SMHT-19-INDO-01	1.1 Aspectos físicos del ambiente	**Personal**	Responsable de proyecto	MESES	6	10000	60000
SMHT-19-INDO-02	1.2 Tecnología					subtotal	60000
SMHT-19-INDO-03	1.3 Confort	**Materiales**	papelería				
SMHT-19-INDO-04	1.4 Normatividad		cuadernos	pza	6	20	120
SMHT-19-INDO-05	1.5 Estado del Arte		hojas	paq	1	75	75
SMHT-19-INDO-06	1.6 Análisis de Gestión de Proyecto		engrazpadora	pza	1	35	35
			lapices , plumas y goma	paq	1	60	60
			silicon largo	paq	2	34.9	69.8
			barra de silicon	pza	2	3	6
						subtotal	365.8
			Copias e impresiones				
			copias	pza	50	0.5	25
			impresiones	pza	20	1	20
			impresión lona	pza	1	65	65
						subtotal	110
						SUMA	$60,475.80

clave	paquete de trabajo	categoría	concepto	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
SMHT-19-DIIN	**DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA**						
SMHT-19-DIIN-01	2.1 Dispositivo electrónico	**Personal**	Responsable de proyecto	MESES	12	10000	120000
SMHT-19-DIIN-02	2.2 Estructuras de soporte					subtotal	120000
SMHT-19-DIIN-03	2.3 Pruebas del sistema	**Materiales**	Componentes electrónicos				
SMHT-19-DIIN-04	2.4 Presentación gráfica de monitoreo		arduino megas clon	pza	2	390	780
			cables dupont 20 cm	paq	5	35	175
			juego de 10 caimanes chicos	paq	1	28	28
			lector para memoria microSD	pza	2	38	76
			sensor DHT-11	pza	2	48	96
			plava fen perforada 4.5 x 4.5	pza	3	7.5	22.5
			resistencia 1/2 watt	paq	1	3	3
			ventilador 12V 4x4 cm	pza	2	48	96
			thermofit 3/32	m	2	4	8
			thermofit 1/4	m	5	5	25
			cable calibre 22	m	40	3	120
			pantalla LCD verde	pza	2	190	380
			eliminador para tira de leds 12V 2A	pza	2	250	500
			memoria micro SD con adaptador	pza	2	100	200
			protoboard de 2 tiras	pza	1	140	140
			sensor MLX-90604	pza	6	289	1734
						subtotal	4383.5
			estructura soporte interior				
			caja para proyectos 17x12x6 cms	pza	1	48	48
			tripíe para bocinas universal	pza	1	290	290
			tubo cpvc 3/4" de 3 mts	pza	1	139	139
			tornilleria de sujecion	paq	1	20	20
						subtotal	497
			estructura soporte exterior				
			caja para proyectos 17x12x6 cms	pza	1	48	48
			cable de acero de 1/8	m	5	10	50
			tornilleria de sujecion	paq	1	20	20
			cable duplex # 18	m	5	6	30
			perfil acero cortinero	m	1	40	40
						subtotal	188
		Equipos	instrumentos de medición				
			multimetro mul-005	pza	1	100	100
			anemometro digital	pza	1	626.5	626.5
						subtotal	726.5
			herramientas				
			cutter	pza	1	20	20
			miniatril con lupa	pza	1	105	105
			minipinza de punta y corte	pza	1	89	89
			kit de puntas para dremel	paq	1	45	45
			extensión eléctrica de 3 mts	pza	1	49	49
			cautin de estacion sd 202	pza	1	350	350
			soldadura y pasta para soldar	paq	1	115	115
			lupa con base	pza	1	270	270
			multicontacto	pza	1	60	60
			desarmadores de precisión	set	1	100	100
			pistola de silicón	pza	1	50	50
						subtotal	994
			equipo de cómputo				
			mouse inalambrico M185	pza	1	249	249
			cartucho de impresora	pza	1	498	498
						subtotal	747
			software (office 365)	paq	1	1750	1750
						subtotal	1750
						SUMA	$129,286.00

clave	paquete de trabajo	categoría	concepto	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	COSTO
SMHT-19-MING	**REQUERIMIENTOS DE MAESTRIA**						
SMHT-19-MING-01	3.1 Procesos administrativos	**Personal**	Responsable de proyecto	MESES	6	10000	60000
SMHT-19-MING-02	3.2 Acreditación del plan de estudios					subtotal	60000
SMHT-19-MING-03	3.3 Estancia	**Gastos reserva**	Trámite de titulación	paq	1	5000	5000
SMHT-19-MING-04	3.4 Producto académico		participación en congreso académico				
SMHT-19-MING-05	3.5 Pago de costos de Maestría		inscripción	cuota	1	2000	2000
SMHT-19-MING-06	3.6 Acreditación del idioma inglés TOEFL		viáticos (incluye hospedaje)	viaje	1	8000	8000
SMHT-19-MING-07	3.7 Presentación de tesis de grado		curso de inglés	cuota	1	10000	10000
			pago de examen TOEFL	cuota	1	1000	1000
			colegiatura de Maestría ene-jun 2019				
			reinscripción ago-dic 18	cuota	1	4000	4000
			mensualidades del semestre	mes	6	2600	15600
						subtotal	45600
		Otros Gastos	Colegiatura de Maestría				
			Proceso de selección maestría	cuota	1	1750	1750
			inscripción ago-dic 17	cuota	1	3500	3500
			mensualidades del semestre	mes	5	2280	11400
			reinscripción ene-jun 18	cuota	1	3750	3750
			mensualidades del semestre	mes	6	2450	14700
			reinscripción ago-dic 18	periodo	1	3750	3750
			mensualidades del semestre	mes	6	2450	14700
						subtotal	53550
			Transporte				
			gasolina	semana	16	200	3200
			mantenimiento vehiculo	lote	1	1720	1720
						subtotal	4920
						SUMA	$164,070.00
						TOTAL	**$353,831.80**

ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

clave	paquete de trabajo	costo	avance
SMHT-19-INDO-01	1.1 Aspectos físicos del ambiente		15%
SMHT-19-INDO-02	1.2 Tecnología		20%
SMHT-19-INDO-03	1.3 Confort		15%
SMHT-19-INDO-04	1.4 Normatividad		20%
SMHT-19-INDO-05	1.5 Estado del Arte		15%
SMHT-19-INDO-06	1.6 Análsis de Gestión de Proyecto		15%
SMHT-19-INDO	**INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**	**$60,475.80**	**100% = 20%**
SMHT-19-DIIN-01	2.1 Dispositivo electrónico		30%
SMHT-19-DIIN-02	2.2 Estructuras de soporte		25%
SMHT-19-DIIN-03	2.3 Pruebas del sistema		25%
SMHT-19-DIIN-04	2.4 Presentación gráfica de monitoreo		20%
SMHT-19-DIIN	**DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA**	**$129,286.00**	**100% = 30%**
SMHT-19-MING-01	3.1 Procesos administrativos		5%
SMHT-19-MING-02	3.2 Acreditación del plan de estudios		25%
SMHT-19-MING-03	3.3 Estancia		15%
SMHT-19-MING-04	3.4 Producto académico		15%
SMHT-19-MING-05	3.5 Pago de costos de Maestría		10%
SMHT-19-MING-06	3.6 Acreditación del idioma inglés TOEFL		10%
SMHT-19-MING-07	3.7 Presentación de tesis de grado		20%
SMHT-19-MING	**REQUERIMIENTOS DE MAESTRIA**	**$164,070.00**	**100% = 50%**
	TOTAL	**$353,831.80**	

ESTIMACIÓN DE RIESGO

Los riesgos se evaluaron de acuerdo con las siguientes tablas:

Evaluación del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto (Escala ordinal o cardinal, escala no lineal)					
Objetivo del proyecto	Muy Bajo .05	Bajo .1	Moderado .2	Alto .4	Muy Alto .8
Costo	Insignificante incremento del costo	Incremento del costo < 5%	Incremento del costo entre el 5 – 10 %	Incremento del costo entre el 10 – 20 %	Incremento del costo > 20%
Calendario	Insignificante variación del calendario	Variación del calendario < 5%	Desviación general del Proyecto 5 – 10 %	Desviación general del Proyecto 10 – 20 %	Desviación general del Proyecto 10 – 20 %

***FÓRMULA DE RIESGO = (Probabilidad x Impacto)	
*Probabilidad	Alta 0.67 a 1.00
**Impacto	Media 0.34 a 0.66
	Baja 0.01 a 0.33

RIESGOS DE PROYECTO

no.	Riesgo	consecuencia tiempo	consecuencia costo	Probabilidad de que suceda	impacto	Responsable	Plan de Respuesta
1	En la investigación documental se encuentra que existe la tecnología del sistema	Retraso a causa de la confusión de continuar con elproyecto	Componentes que ya se habían comprado se desperdician	0.8	0.2	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	cambio de componentes electrónicos
2	Falta de equipo de medición adecuado para determinar las variables del sistema	Retraso para definir las variables medibles por el sistema	compra de un anemómetro no considerado al inicio	0.45	0.1	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	se solicita un equipo prestado
3	Desconocimiento de temas de electrónica por el perfil de formación	dedicados a la recopilación de información	compra de textos del área	0.7	0.05	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	asesoría con expertos en el tema
4	Componentes electrónicos no se venden el mercado local	retraso en las pruebas de componentes para integrar el dispositivo	pago por envíos	0.25	0.05	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	hacer pedido en la tienda para recibir en una semana
5	no se localizan los programas de operación de los sensores	no se pueden realizar pruebas	pago por servicios de datos de internet	0.3	0.2	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	internet en la escuela
6	Falta de recursos para materiales electrónicos	retraso en la elaboración del dispostivo	deuda por financiamiento	0.1	0.05	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	pago a crédito
7	Falla el direccionamiento de los sensores en la plataforma electrónica	retraso falla desconocida por varias semanas	compra de otra plataforma Arduino	0.05	0.05	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	se solicita un equipo prestado
8	el soporte no es adecuado para medir el muro sujeto de estudio	retraso en las pruebas hasta modifcar el diseño	desperdicio de materiales	0.3	0.2	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	cambio de materiales de soporte
9	falla por calentamiento en monitoreo prolongado	monitoreo fallido	compra de piezas que se queman	0.05	0.6	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	sustitución de componentes
10	no se graban las lecturas en la memoria digital	repetir todo el monitoreo	costo de transportar el sistema y el responsable hasta elsitio de estudio	0.1	0.05	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	verificar las memorias microsd antes del monitoreo
11	desconocimiento de donde se presentará el producto académico	retraso en el proceso de titulación	costo incrementa mientras se acerca la fecha	0.25	0.2	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	inscripción a tiempo
12	desconocimiento del trámite de titulación	retraso en la fecha de terminación	costo de documentos urgentes	0.4	0.2	Arq. Martha Patricia Bocanegra Fuentes	informarse a tiempo

CIERRE DEL PROYECTO

- **Incluye**
  - **Informe económico.** Resumen de datos contables más significativos del proyecto sin entrar en detalles (de eso se encarga el balance detallado de ingresos y gastos)
  - **Informe de situación final.** Descripción general, en lenguaje no técnico, del ciclo de vida del proyecto desde la adjudicación hasta el cierre contable.
    - **Debe contener:**
      - Datos básicos del proyecto (nombre, responsable, duración, presupuesto, etc.,)
      - Descripción general de los hechos más significativos del mismo (modificaciones, dificultades medidas para resolverlas, relaciones con terceras partes, posibles acciones futuras).
      - Cualquier otra información de interés (López Ostria, Cierre del proyecto, 2018).