

**MARCO ANTONIO
SILVA DOMÍNGUEZ**

05

Maestría en Arquitectura
Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Querétaro

(625) 104 8456
arq.marcosilva@hotmail.com

**ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO Y
ACTIVO APLICADAS A CASA DE
INTERÉS SOCIAL EN LA CIUDAD DE
CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA**



RESUMEN

En los últimos años la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, se ha visto afectada por los cambios climáticos; temperaturas extremas, sequías, frentes fríos y ondas polares, entre otros, lo que ha inducido que los pobladores consuman más recursos para enfriar y calentar las viviendas, sumando a la problemática que conlleva el efecto invernadero a nivel global, causado principalmente por la quema de leña, aunado al mal diseño y construcción de las viviendas. Actualmente en México existen normas y estrategias para diseñar viviendas sostenibles y que busquen el confort térmico. Sin embargo, aún falta mucho trabajo por realizar, aplicar las normativas y transmitir los conocimientos a los autoconstructores de la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua. Por lo que, esta investigación muestra los resultados del diseño de una casa de interés social ubicada en la colonia Benito Juárez que propone diseños pasivos para lograr disminuir los sistemas activos que se usan regularmente en las viviendas y analiza las condiciones climáticas de la ciudad de Cuauhtémoc, al calcular las demandas energéticas en invierno, como en verano, y analizar el consumo global anual. Todo esto utilizando simulación en DEEVi basado en la norma NOM-020-ENER-2011. El resultado de esta investigación demuestra que se puede reducir considerablemente el consumo energético hasta un 50% a través de sistemas pasivos, con el mejoramiento de los envolventes y usando materiales naturales, llevando al confort térmico.

Palabras clave: casa de interés social, diseño pasivo y activo, y eficiencia energética

ABSTRACT

In recent years, the City of Cuauhtémoc, Chihuahua, has been affected by climate changes, extreme temperatures, droughts, cold fronts and polar waves among others, which has led residents to consume more resources to cool and heat homes, adding to the problems associated with the global greenhouse effect, caused mainly by the burning of firewood, coupled with poor design and construction of homes. Currently in Mexico there are standards and strategies for designing sustainable homes that seek thermal comfort. Therefore, there is still a lot of work to be done, apply the regulations and transmit the knowledge to the self-builders of the City of Cuauhtémoc, Chihuahua. This

research shows the results of the design of a house of social interest located in the Benito Juárez neighborhood, proposing passive designs to reduce the active systems that are regularly used in dwellings, analyzing the climatic conditions of the City of Cuauhtémoc, calculating the demands energy in winter, as in summer, and analyzing the annual global consumption; all this using simulation in DEEVi based on the norm NOM-020-ENER-2011. The result of this research shows that energy consumption can be reduced considerably by up to 50% through passive systems; with the improvement of the envelopes and using natural materials, with this leading to thermal comfort.

Keywords: Social housing, passive and active design, and energy efficiency

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas, además del crecimiento exponencial del estado de Chihuahua y, específicamente, de la ciudad de Cuauhtémoc, es el estado actual del cambio climático, que ha provocado temperaturas extremas, causando el aumento en el consumo energético a causa de la necesidad de calentar y enfriar las viviendas. En los últimos cinco años se han registrado temperaturas que van desde $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Álvarez y Zorrilla, 2007). Con esta investigación se propone la reducción de los gastos energéticos para calentar y enfriar las viviendas por medio de diseño pasivo y disminución de sistemas activos, logrando reducir emisión de CO_2 (CONAGUA, 2017).

Se realizaron las pruebas simuladas en una casa de interés social ubicada en la colonia Benito Juárez en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, donde se demuestran los cálculos de eficiencia en el diseño y materiales, además del consumo global energético. La metodología que se llevó a cabo fue el análisis de clima, estrategias de diseño sostenible, diseño del prototipo, simulación de los resultados y el manejo de los resultados.

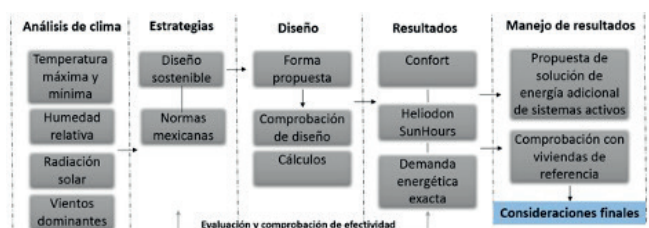


Figura 1. Metodología.

Fuente: Elaboración propia

ANTECEDENTES

CLIMA/CLIMOGRAMA

En la Tabla 1 se hace referencia a la climatología de la ciudad de Cuauhtémoc y se muestran los resultados de temperaturas promedio de un análisis por mes y hora durante un transcurso de cinco años entre el 2012 a 2017. En la publicación científica de Felipe Fernández García, en su investigación llamada *Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos*, se determinó que las temperaturas menores a 18° C necesitan radiación, de 19 °C a 25 °C se considera dentro de una zona de confort, de 26 °C en adelante se considera con necesidad de ventilación. Los meses considerados para esta investigación son diciembre y junio; en el caso del mes de diciembre se cuenta con 18 horas frías, siendo el 70% y sólo teniendo 7 h de confort, 30% restante, en el caso de junio tiene 10 h frías 40%, 5 h de confort lo que sumaría el 20% más 10 horas calientes 40% (véase Tabla 1).

Tabla 1. Tabla Climatológica Ciudad Cuauhtémoc.
Fuente: Elaboración propia

TEMPERATURAS HORARIAS MENSUALES												
HR.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE
0	5.77	5.30	8.84	12.30	14.05	20.04	20.29	18.40	16.19	13.49	8.13	5.20
1	8.68	2.72	6.14	9.97	11.42	18.11	18.70	16.70	14.41	11.30	5.33	2.29
2	0.67	0.98	3.75	7.02	9.10	16.41	17.50	15.30	12.97	9.58	2.84	-0.29
3	-1.27	-2.09	1.77	6.22	7.18	15.06	16.14	14.18	11.72	7.77	0.78	-2.43
4	-2.47	-3.72	0.20	4.95	5.74	13.94	15.23	13.30	10.79	6.55	0.76	-4.02
5	-3.38	-4.73	-0.02	4.17	4.86	13.29	14.74	12.76	10.21	5.81	-1.71	-5.02
6	-4.10	-5.07	-0.93	3.00	4.58	13.07	14.58	12.57	10.01	5.58	-2.03	-5.34
7	-3.24	-4.13	-0.08	4.63	5.30	13.68	15.06	13.08	10.55	6.25	-1.14	-4.42
8	-0.78	-1.43	2.38	6.74	7.77	15.43	16.50	14.52	12.10	8.24	1.41	-1.77
9	3.04	2.72	6.14	9.97	11.42	18.11	18.70	16.70	14.41	11.30	5.33	2.29
10	7.28	7.81	10.25	13.94	15.91	21.40	21.41	19.24	17.40	15.02	10.22	7.27
11	12.46	13.22	13.46	18.16	20.68	24.90	24.76	22.47	20.25	19.04	13.22	12.42
12	17.52	18.31	20.27	23.12	25.16	28.14	28.25	25.22	23.42	22.26	20.03	17.52
13	21.22	22.45	24.04	25.98	27.4	30.1	30.24	27.4	25.80	23.84	21.84	21.41
14	23.60	25.16	26.40	27.4	27.4	30.14	30.14	27.4	25.8	23.84	21.84	21.41
15	24.40	26.10	27.40	27.40	27.40	30.14	30.14	27.40	25.80	23.84	21.84	21.41
16	24.11	25.36	27.11	27.11	27.11	30.14	30.14	27.11	25.80	23.84	21.84	21.41
17	23.22	24.73	26.12	26.12	26.12	30.14	30.14	26.12	25.80	23.84	21.84	21.41
18	21.73	23.12	24.44	24.44	24.44	30.14	30.14	24.44	25.80	23.84	21.84	21.41
19	19.73	20.64	22.67	24.18	25.08	30.14	30.14	25.08	24.93	24.73	22.52	20.14
20	17.32	18.31	20.27	22.12	23.14	30.14	30.14	23.12	23.42	22.79	20.03	17.32
21	14.39	15.33	17.18	19.80	22.64	24.2	24.1	23.81	21.71	20.94	17.22	14.44
22	11.47	12.14	14.08	17.32	19.73	24.20	23.72	21.80	19.88	18.24	14.22	11.52
23	8.89	8.89	11.72	14.78	18.86	23.10	21.98	20.13	18.02	15.84	11.14	8.33
24	5.77	5.29	8.84	12.30	14.05	20.04	20.29	18.40	16.19	13.49	8.13	5.20

NECESIDAD DE RADIANCIA
ZONA CONFORT 20- 25
NECESIDAD DE VENTILACION

Con estos datos se puede iniciar el estudio, determinando las estrategias más óptimas para el calentamiento y la refrigeración, según los meses y las horas que se necesiten, con la finalidad de lograr un confort térmico y reducir el consumo energético.

ESTRATEGIAS DE CALEFACCION Y REFRIGERACION POR MEDIO DE DIAGRAMA PSICOMETRICO DE GIVONI

Con el diagrama de Givoni se representan diferentes estrategias de actuación para alcanzar la zona

de confort térmico (Givoni, 1990). Gran parte del año se puede conseguir un confort térmico mediante las ganancias internas y aprovechamiento de la energía solar pasiva, lo que implica suficiente captación solar con una gran capacidad de acumulación y aislamiento térmico. Las condiciones ambientales exteriores salen de la zona de bienestar por la izquierda (véase Figura 2), especialmente, en los meses de invierno. Observando las temperaturas máximas y mínimas promedio de los meses de invierno, se muestra que casi en cuatro meses se necesita emplear calefacción convencional, así como calefacción solar pasiva. En junio, julio y agosto, se precisa además de "masa térmica", y de una adecuada ventilación nocturna.

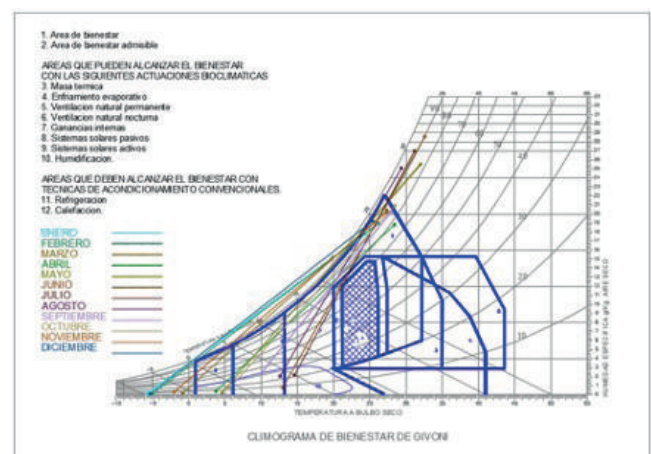


Figura 2. Diagrama Climograma de Givoni para Ciudad Cuauhtémoc. Fuente: Elaboración propia

ESTRATEGIAS PASIVAS

ESTRATEGIAS EN INVIERNO

Para diseños eficientes, en cuestión térmica, es necesario hacer recomendaciones en el proceso del diseño como en la selección de materiales, ya que el principal objetivo en invierno es reducir las pérdidas de calor (Azqueta, 2014). Las estrategias más comunes que se pueden utilizar, según la Guía del estándar Pasivhaus (Gauna, 2011), para el caso de invierno son mejorar los coeficientes de transmitancia "U" y considerar la distribución de la vivienda. Los factores que influyen y se deben de considerar, según la investigación de Ernst Müller (1998), son la forma del edificio, la orientación, tamaño de los huecos, el control adecuado del aislamiento y los puentes térmico (véase Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de estrategia en invierno templado seco y semifrío seco.

Fuente: Elaboración propia

Estrategia: Control de pérdidas por transmisión					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Cómo?	¿Qué?	¿Dónde?
Reducir las pérdidas por transmisión	Aspectos de urbanismo: <ul style="list-style-type: none"> •Orientación de los edificios Aspectos arquitectónicos: <ul style="list-style-type: none"> •Forma del edificio •Orientación y tamaño de los huecos •Control adecuado de asoleamiento •Puentes térmicos 	Mejorar coeficiente de trasmisión "U"	Tratamiento de puentes opacas	Aumento de grado de aislamiento térmico en la parte exterior Control de los puentes térmicos: la capa de aislamiento continuo en toda la envolvente del edificio	Todo el envolvente del edificio
			Tratamiento de partes transparentes	Ventana de alta calidad: <ul style="list-style-type: none"> •Triple vidrio •Marco con coeficiente U= 1.20 W/m²K •Acristalamiento con coeficiente U= 0.80 W/m²K 	Todo el envolvente del edificio
		Ubicación	Fachadas según el nivel	<ul style="list-style-type: none"> •Máxima (menor del 80% de superficie del muro) en las orientaciones E-S-SE para ganancias solar directa •Mínima dimensión al N, NE, NO, O y SO •Horizontal en la parte alta del muro para iluminación y ventilación •Las partes operables por encima de los ocupantes 	<ul style="list-style-type: none"> •Máxima al S-SE para ganancia de solar directa •Mínimas en fachadas N, NE, NO y O, para evitar vientos fríos •E-SE-S a la altura del plano de las actividades •Norte y dirección de vientos fríos, por encima del plano de las actividades

Tabla 3. Resumen de estrategia en verano: Refrigeración pasiva templado seco y semifrío seco.

Fuente: elaboración propia

Estrategia: Refrigeración pasiva					
Objetivo	Factores influyentes	Acción	¿Cómo?	¿Qué y por qué?	¿Dónde?
Enfriamiento pasivo <ul style="list-style-type: none"> •Protección de sobrecalentamiento •Ventilar la casa sin sistemas mecánicos y sin energía •Favorecer la renovaciones •Bajar la temperatura interior •Lenta transferencia de calor •Disipación de calor excesivo desde el interior 	Aspectos de urbanismo <ul style="list-style-type: none"> •Orientación de las calles •Vientos dominantes 	Ventilación natural	Ventilación cruzada	<ul style="list-style-type: none"> •Favorece el movimiento (el flujo) de aire de un espacio 	Colocación de las aberturas en los lados opuestos de dos fachadas
			Efecto chimenea	<ul style="list-style-type: none"> •Las ventanas en el techo dejan el aire usado, las ventanas en los niveles inferiores toman el aire fresco en el edificio 	La entrada de aire cerca de nivel de suelo y de la salida en la cubierta
			Torre de viento	<ul style="list-style-type: none"> •Recogen el viento más intenso y favorecen la introducción de aire fresco en interior 	Torre se coloca en la suficiente del edificio
	Aspectos arquitectónicos <ul style="list-style-type: none"> •Forma del edificio •La capacidad térmica de los materiales en el edificio •Orientación y tamaño de los huecos 	Sistema de enfriamiento por radiación	Alta inercia térmica	<ul style="list-style-type: none"> •Cubiertas ecológicas de tierra 	La cubierta, todas las fachadas y superficies
				<ul style="list-style-type: none"> •Cada noche la masa libera calor, dejándolo listo para absorber el calor de nuevo 	
		Sistema de enfriamiento	Alta inercia térmica y ventilación nocturna	<ul style="list-style-type: none"> •Se logra un adecuado amortiguamiento de temperaturas máximas y mínimas en el interior •El edificio es ventilado sólo durante las horas de la noche y permanece cerrado durante el día 	La cubierta, todas fachadas y superficies

2. ESTRATEGIAS EN VERANO

En el caso del verano, las estrategias para el diseño pasivo es considerar el enfriamiento en el interior de la vivienda que se puede lograr considerando los factores como: la orientación de la vivienda, los vientos dominantes, forma de la vivienda, la capacidad térmica de los materiales y el tamaño de los huecos como se menciona en el libro de Fuentes (1985). Además, el objetivo principal al plantear las estrategias en verano es disminuir la demanda de energía utilizada para enfriar el interior de las viviendas. En la Tabla 3 se muestra el resumen de las estrategias que se pueden emplear en verano con un tipo de clima templado seco y semifrío seco.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para la comprobación del diseño y estrategias estudiadas, se diseñó una vivienda de interés social en un terreno de 8 m de ancho y 18 m de largo, localizado en la colonia Benito Juárez, en la calle 21 de marzo, de 60 m² de construcción.

El diseño fue proyectado para una familia de dos mayores de edad y dos menores, cumpliendo con los requerimientos del reglamento de construcciones y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc. Según el plan de desarrollo de Cuauhtémoc, la vivienda de 60m² de construcción entra en la categoría de interés social (Municipio de Cuauhtémoc, 2009). El trazo de distribución fue considerado por medio de la orientación del sol (véase Figura 3), permitiendo la captación de la radiación directa y en algunas zonas evitando la radiación.

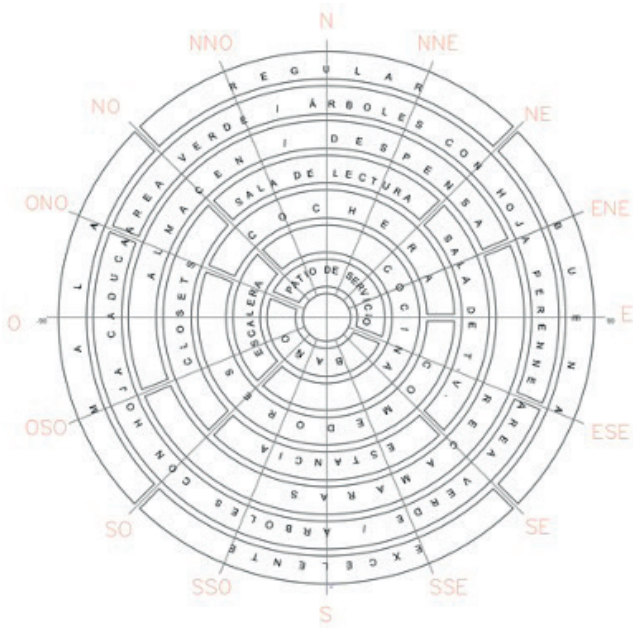


Figura 3. Orientaciones recomendadas.
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Propuesta de casa.
Fuente: Elaboración propia

ESTRATEGIAS Y ELEMENTOS APLICADOS

El diseño de las plantas arquitectónicas y la forma de la casa fue resultado de un proceso por medio de la complejidad humana, en los que aplican factores como: las necesidades, las actividades, lo funcional, lo técnico, estético y las condiciones de microclimas. La forma de la vivienda propuesta es compacta, con una techumbre que sobresale de los muros exteriores para disminuir la exposición de radiación en los muros.

La orientación de la vivienda corresponde al terreno que se encuentra en un eje de Sureste-Noroeste, ubicada la fachada al Noreste, utilizando en ésta muros de masa térmica y vegetación

de hoja perenne, con el fin del amortiguamiento de los vientos fríos. En el interior al norte se colocaron sala, comedor y cocina, mientras que en el oeste cuarto de servicio y baño completo, y en el sur las habitaciones.

PLANOS GRÁFICOS DEL PROYECTO

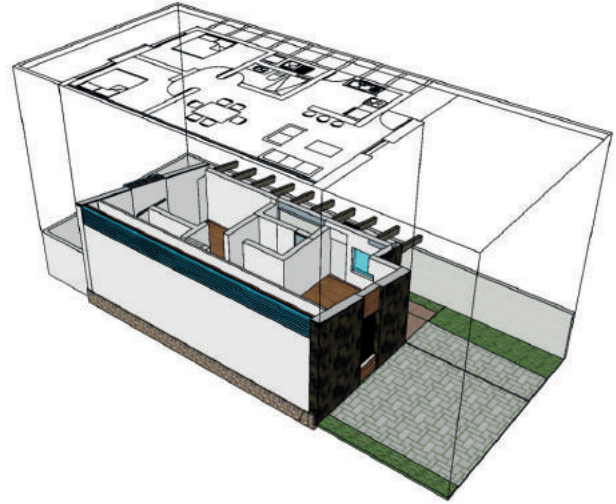


Figura 5. Plano de grafico del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

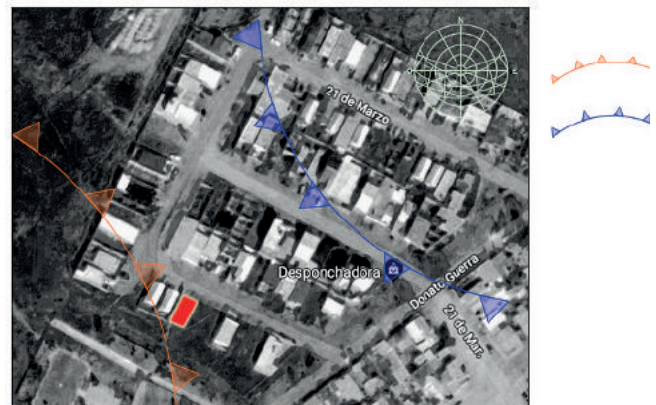


Figura 6. Localización colonia Benito Juárez.
Fuente: Google Earth®

Para los envolventes se ha realizado un amplio análisis, como resultado se propone un mejoramiento del coeficiente de conductividad térmica, partiendo de los valores U de la norma NMX-C-460. En el caso de los muros exteriores la norma nos pide $1 U (W/m^2k)$ y los muros propuestos de adobe de alta calidad con textura gruesa se obtiene $0.76 U (W/m^2k)$, cumpliendo con el confort térmico y el ahorro energético, en techos nos pide $0.71 (W/m^2k)$, y con la propuesta de un techo inclinado con cámara de aire, aislante por medio de tierras y con estructura de madera, se

logra 0.032 U (W/m²k), obteniendo un eficiente mejoramiento en el envolvente. Por último, en las ventanas se requieren 2.60 U (W/m²k) ya que con la propuesta de ventanas de alta calidad con doble cristal y marcos de PVC se logran 2.40 U (W/m²k) (véase Tabla 4).

Tabla 4. Valores de conductividad térmica propuesta.
Fuente: Elaboración propia

ELEMENTOS	PROPUESTA U (W/m ² k)	NORMA NMX-C- 460 U (W/m ² k)	REFERENCIA U (W/m ² k)
Muro exterior	0.75	1	3.015
Techumbre	0.032	0.71	0.33
Ventanas	2.40	2.60	6.06
Puerta principal	1.24		1.30
Piso	0.90	0.90	1.54

CONSIDERACIONES DEL ENVOLVENTE Y DISEÑO PASIVO

Se calcularon tres propuestas analizando la eficiencia energética y térmica envolvente por medio de la norma NOM-020 (véase Tabla 5). En la primera propuesta se consideran materiales estándar de una vivienda utilizando sistemas constructivos estandarizados: ladrillo rojo recocido, losa maciza, entre otros (Tabla 6), con una demanda global de 190 Kwh/(m²a). En la segunda propuesta se plantean materiales de alta calidad y aislamiento: muro de ladrillo con aislante de polietileno, losa de casetón aislado con poliuretano (véase Tabla 7), obteniendo una demanda global de 84 Kwh/(m²a), y la tercera propuesta consiste en materiales naturales derivados de la tierra y madera, muros de adobe de alta calidad con aplanados gruesos, techumbre inclinado con estructura de madera con cámara de aire y aislante de tierra preparada (véase Tabla 8), alcanzando una demanda de 72 Kwh/(m²a).

Tabla 5. Resumen de conductividad térmica prototipos. Fuente: Elaboración propia

ENVOLVENTE	PROTOTIPO 1 U (W/m ² k)	PROTOTIPO 2 U (W/m ² k)	PROTOTIPO 3 U (W/m ² k)	NORMA NMX-C-460 U (W/m ² k)	NORMA ESPAÑOLA CTE HE1 BOEU (W/m ² k)
Muro exterior	3.015	0.61	0.75	1	0.86
Techumbre	0.33	0.28	0.032	0.71	0.49
Ventanas	6.06	4.20	2.40	2.60	3.50
Puerta principal	1.30	1.24	1.24	-	-
Piso	1.54	1.54	0.90	0.90	0.64
Demanda global de KWh/(m ² a)	190	84	72		

Tabla 6. Estrategias Prototipo 1.
Fuente: Elaboración propia

PROTOTIPO 1	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de tabique (estándar) de mortero cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); muro de tabique rojo recocido // concreto de 110 mm y valor lambda de 0.872 // 1.74 W/(mK); mortero cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK);
Techumbre	Losa maciza de impermeabilizante de 10 mm y valor lambda de 0.17 W/(mK); concreto armado de 100 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK); mortero cemento de 10 mm y valor lambda de 0.87 W/(mK); aislante de poliuretano de 50 mm y valor lambda de 0.021 W/(mK);
Ventanas	Acrilamiento sencillo 6mm 5.80 W/(mK)// Marco de ventana aluminio 5.50 W/(mK);
Piso	Piso de cerámica de loseta cerámica de 7 mm y valor lambda de 1.047 W/(mK); concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);

PROTOTIPO 1	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Puerta principal	Puerta principal de acero de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); Poliuretano // madera marco de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); acero de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W// mini Split 1.0 ton, potencia útil 3.5 kW/tn, caudal de aire en potencia nominal 500 m ³ /h

Tabla 7. Estrategias Prototipo 2.
Fuente: Elaboración propia

PROTOTIPO 2	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de tabique aislado de mortero cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); muro de tabique rojo recocido // concreto de 110 mm y valor lambda de 0.872 // 1.74 W/(mK); mortero cemento de 20 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK); poliestireno extruido de 50 mm y valor lambda de 0.039 W/(mK); mortero cemento de 5 mm y valor lambda de 0.872 W/(mK);
Techumbre	Losa de casetón de impermeabilizante de 20 mm y valor lambda de 0.17 W/(mK); concreto armado de 50 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK); casetón de poliestireno // concreto armado de 200 mm y valor lambda de 0.3 // 1.74 W/(mK); mortero cemento de 25 mm y valor lambda de 0.87 W/(mK); aislante de poliuretano de 50 mm y valor lambda de 0.021 W/(mK);
Ventanas	Doble acristalamiento 4/12 aire/4 2.90 W/(mK); // marco de ventana aluminio 5.50 W/(mK);
Puerta principal	Puerta principal de acero de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); poliuretano // madera marco de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); ACERO de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Piso	Piso de cerámica de loseta cerámica de 7 mm y valor lambda de 1.047 W/(mK); concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W// mini Split 1.0 ton, potencia útil 3.5 kW/tn, caudal de aire en potencia nominal 500 m ³ /h// deshumificador de aire, potencia útil 50 l/día

Tabla 8. Estrategias Prototipo 3.
Fuente: Elaboración propia

PROTOTIPO 3	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Muro exterior	Muro de adobe de mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); Adobe // arena, tepetate de 250 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); Mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK);
Muro invernadero	Muro invernadero de: vidrio de 6 mm y valor lambda de 5.8 W/(mK); cámara de aire de 100 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); muro de piedra de 350 mm y valor lambda de 1.4 W/(mK); mortero de cal de 50 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK);
Techumbre	Techo ecológico de teja de 120 mm y valor lambda de 0.84 W/(mK); triplay de madera // listones de madera 1"x2 de 25 mm y valor lambda de 0.3 // 0.3 W/(mK); tierra preparada // barrotes de madera 2"x4" de 180 mm y valor lambda de 0.8 // 0.3 W/(mK); cámara de aire de 700 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); refuerzos de madera // barrotes de 200 mm y valor lambda de 0.3 // 0.3 W/(mK); triplay de madera // tierra preparada de 25 mm y valor lambda de 0.3 // 0.8 W/(mK);
Ventanas	Doble acristalamiento 4/12 aire/4 2.90 W/(mK) // marco altamente aislado; calidad térmica media 0.75 W/(mK);
Puerta principal	Puerta Principal de acero de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK); poliuretano // madera marco de 30 mm y valor lambda de 0.035 // 0.13 W/(mK); acero de 1 mm y valor lambda de 52.3 W/(mK);
Piso	Duela de 20 mm y valor lambda de 0.15 W/(mK); poliuretano de 10 mm y valor lambda de 0.03 W/(mK); concreto armado de 130 mm y valor lambda de 1.74 W/(mK);
Sistema activo	Ventilador de techo potencia de 80W

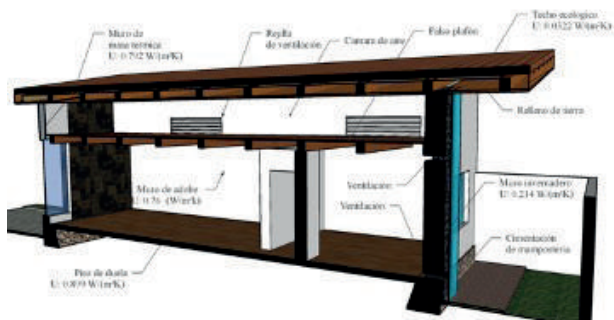


Figura 7. Corte Y-Y' Propuesta.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Resumen de estrategias pasivas propuestas.

Fuente: Elaboración propia

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	ESTRATEGIA DE PROYECTO PROPUESTA
ABERTURAS Y VENTANAS	La cantidad más grande de aberturas se encuentra en el sur, colocando dos ventanas y una puerta al oeste, una ventana tipo louver colocada en lado este y una ventana al norte, con el fin de tener ventilación cruzada. En la fachada este se colocó una ventana pequeña en la parte superior del muro, con el fin de obtener el efecto chimenea. Ventanas de doble acristalamiento con marcos de alto aislamiento de pvc con una conductividad térmica de 2.59 U (W/m²k)
VENTILACIÓN NATURAL	Se colocan ventanas y puertas en sentido contrario para provocar ventilación cruzada. Se coloca una ventana tipo louver en la fachada este con una separación del suelo de 3.40 y con altura de 0.70 m y de largo 10.24 m. Se colocan en la cámara de aire rejillas louver mecánicas manualmente, con el fin de ventilar la techumbre, con renovación de aire de 4.5 1/h
MURO INVERNADERO	Muro invernadero en la fachada sur para captar la radiación en invierno, y para verano se colocan dos rejillas en el muro, una en la parte superior de 15 cm y otra en la parte inferior de 15 cm. El material es de piedra con un espesor de 35 cm, una cámara de aire de 10 cm y cristal de 6 mm, con valor U de 0.2146 W/m²k.

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	ESTRATEGIA DE PROYECTO PROPUESTA
SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR PASIVO	Se considera sistemas directos como es la superficie de las ventanas de 12.02 m² y muros de alta masa térmica.
PROTECCIÓN SOLAR	Las protecciones solares en la parte sur: se proyecta la techumbre de 1.3 m del muro orientado al sur, en los muros este y oeste con una proyección de 60 cm y en el norte de 0.80 cm. En la orientación oeste se colocan umbráculos de material de madera reciclados colocados a cada 1.20 m.
ENVOLVENTE	Colocando muros de adobe de alta calidad con espesores de 25 cm y 35 cm en la orientación norte, sirviendo como masa atérmica. Muro de adobe con cantera de mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); adobe // arena, tepetate de 300 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); cantera negra de 50 mm y valor lambda de 0.55 W/(mK); superficie de 18.75m², valor U de 0.77 W/m²k. Muro de adobe de mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); adobe // arena, tepetate de 250 mm y valor lambda de 0.3 // 0.4 W/(mK); mortero de cal de 25 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); superficie de 72.86 m²; valor U de 0.75 W/m²k. Muro invernadero de vidrio de 6 mm y valor lambda de 5.8 W/(mK); cámara de aire de 100 mm y valor lambda de 0.024 W/(mK); muro de piedra de 350 mm y valor lambda de 1.4 W/(mK); mortero de cal de 50 mm y valor lambda de 0.7 W/(mK); valor U de 0.2146 W/m²k.

PRUEBAS Y RESULTADOS

CÁLCULOS Y MANEJO DE RESULTADOS

Los cálculos que se muestran a continuación fueron hechos con el objetivo de encontrar qué tan eficientes son las estrategias propuestas y determinar qué porcentaje de ahorro de energía se tiene. Se hicieron simulaciones por medio de DEEVi, mostrando resultados del balance energético demanda de calefacción (Figura 8), obteniendo un aumento de ganancia solar de 44.5 kWh/(m²a) y disminuyendo las pérdidas de por puentes térmicos de 10 kWh/(m²a). En la Figura 9, se muestran los resultados del balance energético de refrigeración obteniendo una gran ganancia de ventilación natural de 323.14 kWh/(m²a).

BALANCE ENERGÉTICO DEMANDA DE CALEFACCIÓN

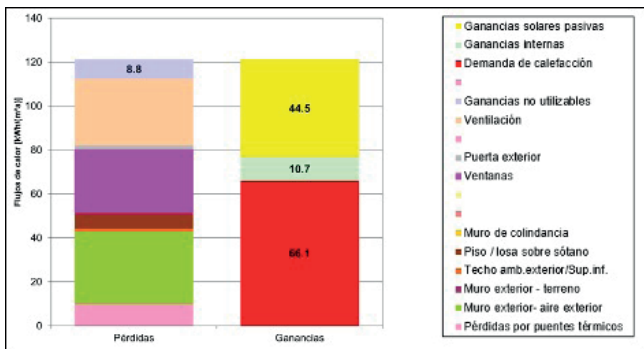


Figura 8. Balance energético demanda de calefacción.
Fuente: DEEVi®.

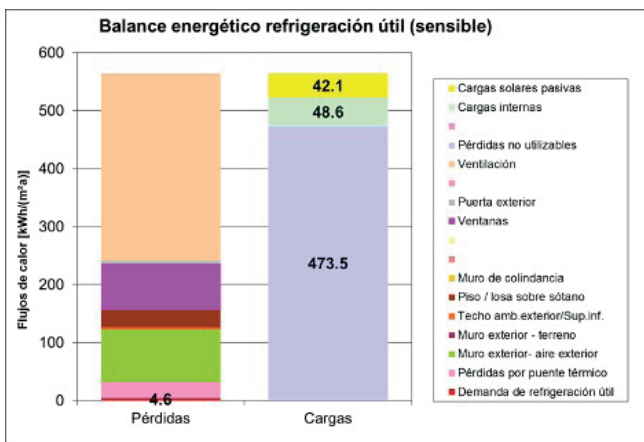


Figura 9. Balance energético refrigeración útil.
Fuente: DEEVi®.

CONSUMO GLOBAL

Como resultado de la aplicación de las estrategias pasivas y activas planteadas en invierno y en verano, así como con la implementación de materiales naturales, se logró cumplir con la norma NOM-020, teniendo como base un consumo de 2851W, donde se obtuvo 1501W, un 47% de ahorro energético, una demanda específica de calefacción de 68 kWh/(m²a) y una demanda específica de refrigeración de 5 kWh/(m²a), logrando una demanda específica de 73 kWh/(m²a) y una demanda de energía primaria de 280 kWh/(m²a) (véase Figura 10). Además, se sometió a la simulación de SAAVi, alcanzando un ahorro del 49%, un consumo total por persona de agua de 124.7 l/p/d. Por último se sometió a la simulación de IDG (Índice de Desempeño Global), el cual obtuvo una clasificación de B con un 72 IDG (véase Figura 11). Demostrando que la propuesta es eficiente y aporta un ahorro energético considerable.

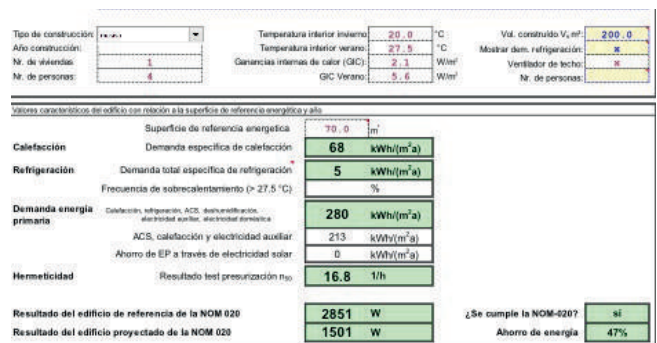


Figura 10. Comprobación NOM-020.
Fuente: DEEVi®.

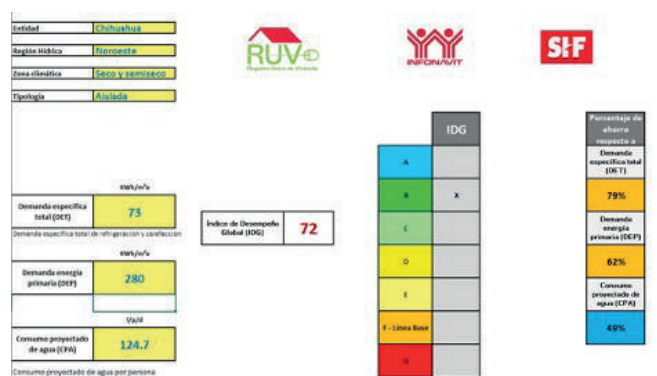


Figura 11. Índice de Desempeño Global.
Fuente: IDG®.

CONCLUSIÓN

Con el avance tecnológico y con las nuevas técnicas de construcción, se ha creado una brecha entre el ser humano y su entorno, perdiendo el equilibrio natural del ecosistema, hablando rigurosamente de la arquitectura y la construcción como una industria que desfavorece la armonía entre el hombre y el medio ambiente. Por estas circunstancias, se nos ha olvidado convivir con la naturaleza y cómo aprovechar las energías naturales que nos rodean. Hoy en día son pocas las ciudades que se esfuerzan en hacer más estrecha esta brecha y que logran acercarnos más hacia una convivencia amigable con la naturaleza al cambiar la forma de construir y al disminuir el consumo energético considerablemente por medio de políticas públicas, así como normas y estrategias utilizados en los sistemas constructivos estandarizados. Desafortunadamente, y al igual que en muchas ciudades de nuestro país como es el caso de la ciudad de Cuauhtémoc, su desarrollo va atrasado comparado con otras ciudades del mundo, tanto en lo económico, como en lo político.

Uno de los resultados de esta investigación demuestra que el mayor consumo energético en las viviendas proviene de la calefacción en periodo de invierno, donde se encontró la manera de reducir considerablemente el consumo, por medio de las estrategias pasivas y las técnicas de construcción natural. Como resultado se obtuvo que las mejores estrategias efectivas y económicas son las naturales por medio de tierras, ya que rescatan técnicas antiguas de construcción.

Los hallazgos encontrados en esta investigación son que con una buena envolvente con alta conductividad térmica se logra hasta un 40% de ahorro de energía, además la importancia de la ventilación cruzada que juega un papel importante, pero no es la clave para encontrar el confort y el ahorro energético.

Con esta propuesta se abre la oportunidad para que las familias autoconstructoras busquen algún crédito hipotecario para obtener una vivienda. Analizando el costo beneficio y las condiciones de reglamento de construcción de la ciudad de Cuauhtémoc, entra en la categoría de interés social y puede aplicar para programas como es el SISEVIVE e Hipoteca Verde programas de INFONAVIT, que permiten realizar inversiones para crear viviendas dignas y sostenibles, ya que con estas estrategias se logró el Índice de Desempeño Global de 72, adquiriendo la etiqueta de

B y cumpliendo eficientemente la norma NOM-020-ENER-2011.

REFERENCIAS

- Arteaga, C. A. (2016). *Sistemas de evaluación del grado de sustentabilidad en los procesos de producción del adobe tecnificado por ADOMEX en México*. Jalisco: Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente.
- Azqueta, P. E. (2014). *Manual práctico del aislamiento térmico en la construcción*. Argentina: Asociación argentina de poliestireno expandido.
- Conde, C., Saldaña, S. O. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Ambiente y desarrollo*, pp. 23-30.
- Chávez, J. R. y Freixanet, V. F. (2005). *Viento y arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico*. México: trillas .
- Comisión de regidores de desarrollo urbano y nomenclatura de gobernación. (2014). Reglamento de construcciones y normas técnicas municipio de Cuauhtémoc. Cuauhtémoc, Chihuahua. Recuperado de: http://municipiocuauhtemoc.gob.mx/unidades_transparencia/secretaria/Reglamentos%20municipales/REGLAMENTO%20DE%20CONSTRUCCIONES%20APROBADO.pdf
- CONAGUA. (2017). *Humedad relativa de la república Mexicana*. Recuperado de <http://sigagis.conagua.gob.mx/Humedales/>
- CONAVI. (2006). *Guía conafovi uso eficiente de la energía en la vivienda*.
- CTE HE1 BOE. (2017). *Boletín Oficial del Estado Real Decreto Documento Básico HE1 Ahorro de Energía*. Real Decreto, Boletín Oficial del Estado, España.
- Dirección general de vivienda. (1990). *Manual de autoconstrucción de unidades habitacionales con adobe*. Bolma: Ministerio de desarrollo económico.
- Ernst, M. (1998). Mejoramiento térmico de viviendas con climatización pasiva para la zona central de Chile con programas de simulación térmica. *Congreso internacional de energías sustentables SENESEX*.
- Fernández, G. F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, pp. 109-125.

- Gauna, J. C. (2011). Los edificios pasivos. *Guía del estándar Passivhaus Edificios de consumo*, pp. 15-26.
- Givoni B. (1990). Passive and low cooling of buildings. *Passive and low cooling of buildings*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Guía CONAVI. Criterios e indicadores para el desarrollos habitacionales sustentables. (2008).
- Herrera Sosa, L. C. (2014). Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. *Revista de arquitectura*. Vol. 16, pp. 86-95.
- Monterde, M. A. y Guillamón., I. G. (2014). *Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación.
- Municipio de Cuauhtémoc. (2009). *Plan de desarrollo urbano de centro de población Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua* (Vol. III). Cuauhtémoc. Recuperado de: [/http://municipiocuauhtemoc.gob.mx/transparencia_old/planesyprogramas/desarrollourbano/2plandedesarrolourbanodecentrodepoblacion20092.pdf](http://municipiocuauhtemoc.gob.mx/transparencia_old/planesyprogramas/desarrollourbano/2plandedesarrolourbanodecentrodepoblacion20092.pdf)
- NMX-AA-164-SFCI. (2013). Edificación sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos. Secretaría de economía, México.
- NOM-020-ENER. (2011). Eficiencia energética en edificaciones. Envoltente de edificios para uso habitacional. México: Secretaría de Energía.
- NXM-C-460. (2009). Norma mexicana, industria de la construcción aislamiento térmico valor "R" para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana. México.