



Conference: Interdisciplinary Congress of Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics  
and Information Technology  
**BOOKLET**



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Determinación de horarios de aberturas en una vivienda de construcción masiva para su corrección térmica interior.

**Authors:** DIAZ-SALAZAR, Arlees Ysrael, OJEDA-SANCHEZ, Jorge Armando y BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo.

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-096

BCIERMMI Classification (2019): 241019-096

Pages: 14

RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

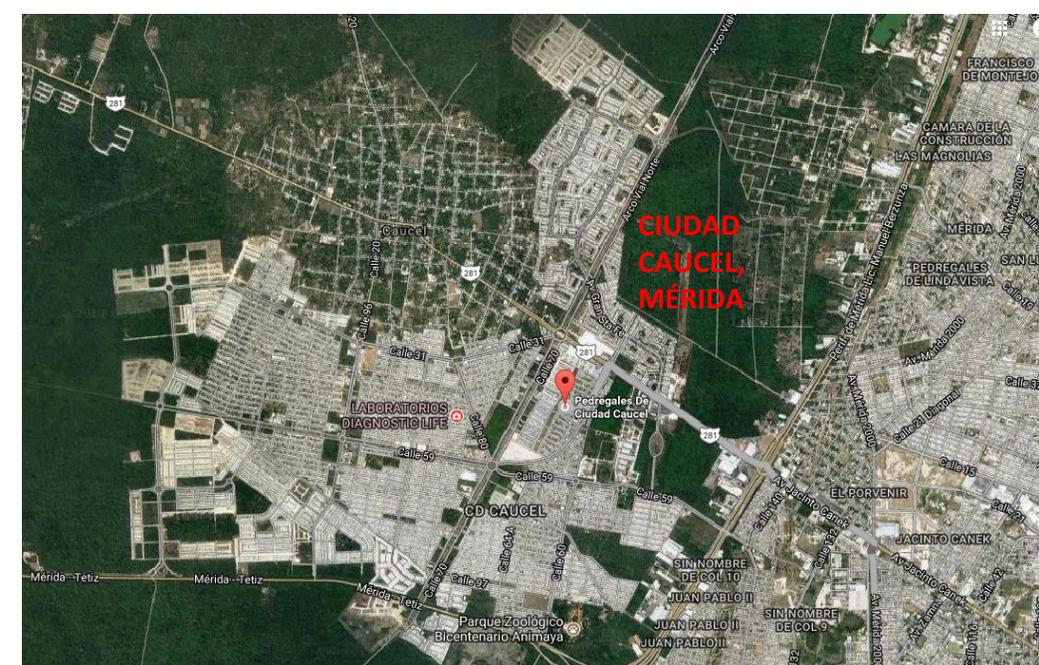
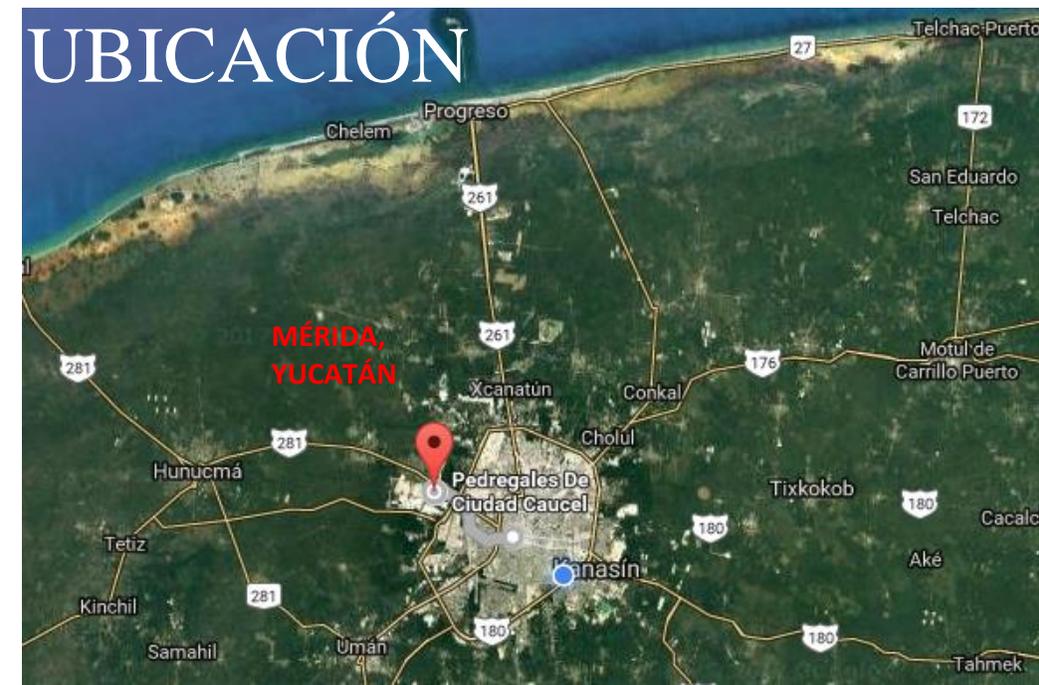
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# INTRODUCCIÓN

El fraccionamiento Ciudad Caucel tiene características distintivas que se repiten en otros fraccionamientos:

1. Los **mismos modelos** de vivienda en **orientaciones diferentes**
2. Uso de **materiales de alta densidad y elevado calor específico** en la envolvente (concreto) lo que propicia una elevación en el retraso térmico
3. El confinamiento de sus espacios y reducción de la ventilación cruzada con lo que se propicia una afectación directa en la temperatura
4. La reducción a dimensiones mínimas de los tamaños del lote y de las viviendas según indica el Reglamento de Construcción
5. Escasa vegetación

# UBICACIÓN



Pedregales, Ciudad Caucel



# METODOLOGÍA

1. Selección del fraccionamiento como caso de estudio
2. Selección del modelo de vivienda en serie característica como muestra representativa
3. Mediciones térmicas reales de la vivienda mediante sensores térmicos
4. Elección y evaluación del software de simulación térmica
5. Creación del archivo climático base para Mérida y del modelo digital de la vivienda
6. Configuración del programa y pruebas de calibración de la simulación
7. Evaluación del comportamiento térmico de la vivienda en su estado original y evaluación de los horarios de aberturas determinados
8. Resultados
9. Conclusiones

A

B

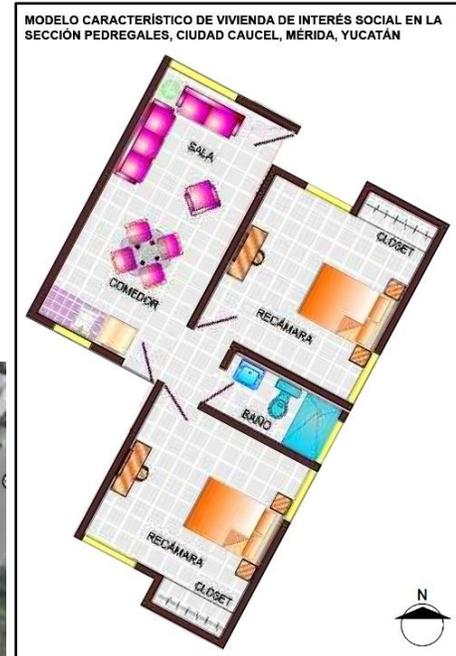
C

# VIVIENDA MONITOREADA

- Megafraccionamiento Caucel, sección Pedregales con 34 casas en cada manzana.
- La manzana presenta su eje en dirección noroeste-sureste, con una inclinación de  $28^\circ$  respecto al norte.
- Las viviendas ubicadas en lados largos tienen orientación rotada a  $90^\circ$ .
- La vivienda se desarrolla en un solo nivel y cuenta con sala-comedor, cocina, dos recámaras y un baño.



Dataloggers  
U12 de  
OnsetComp



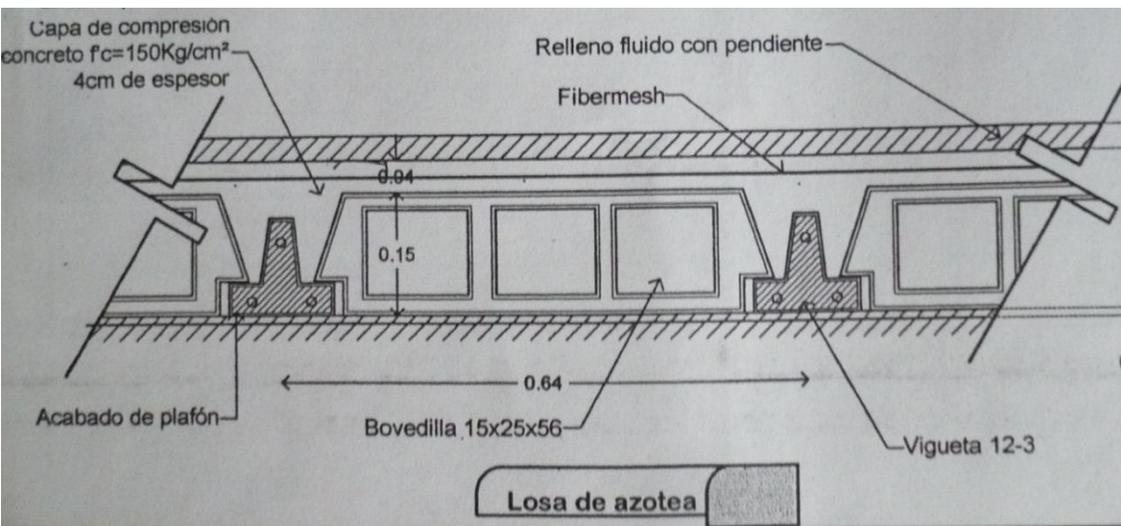
# CARACTERÍSTICAS

## SISTEMA CONSTRUCTIVO EN TECHO

Vigueta de 15cm y Bovedilla de concreto de 15x25x56cm



## DETALLE CONSTRUCTIVO DEL TECHO

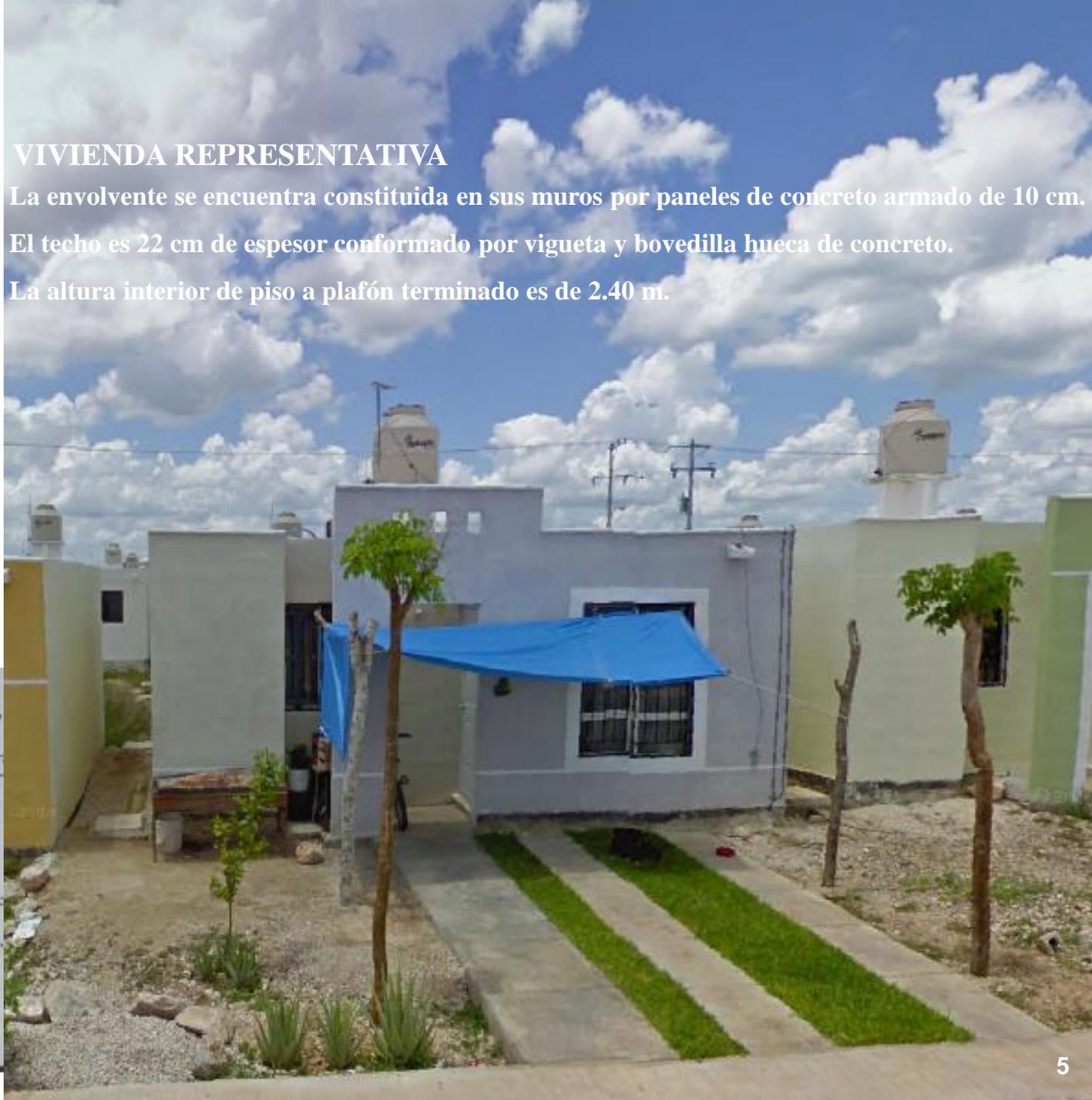


## VIVIENDA REPRESENTATIVA

La envolvente se encuentra constituida en sus muros por paneles de concreto armado de 10 cm

El techo es 22 cm de espesor conformado por vigüeta y bovedilla hueca de concreto.

La altura interior de piso a plafón terminado es de 2.40 m.



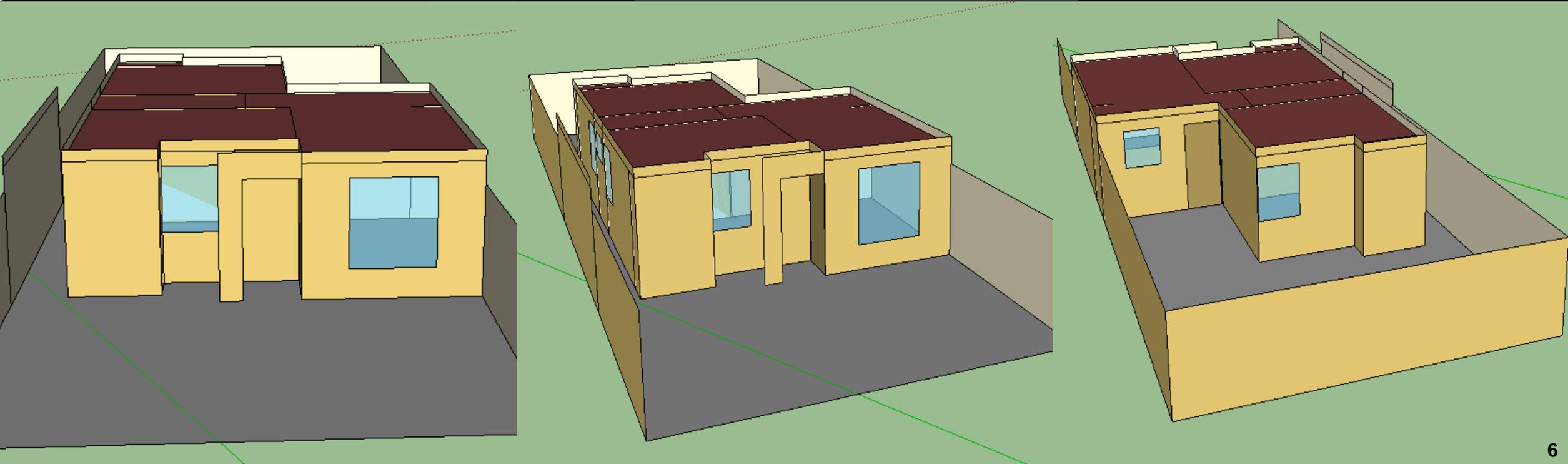
# MODELO DIGITAL PARA SIMULACIÓN TÉRMICA

Con base en los espacios interiores se determinaron las zonas térmicas en el modelo simulado. Posteriormente se configuraron los valores de las propiedades térmicas y físicas de los materiales y del sistema constructivo en el simulador.

Field	Units	Obj156	Obj50	Obj143
Name		pedra 1 cm	Baldosa ceramica	Block hueco 10cm densidad 1000kgm3
Roughness		Rough	Smooth	MediumRough
Thickness	m	0.01	0.005	0.1
Conductivity	W/m-K	1.1	1	0.772
Density	kg/m3	1600	2000	950
Specific Heat	J/kg-K	1000	800	1000
Thermal Absorptance		0.6	0.9	0.85
Solar Absorptance		0.7	0.3	0.6
Visible Absorptance		0.7	0.7	0.7

Field	Obj4	Obj5
Name	Interior Wall	Exterior Roof
Outside Layer	Pasta estuco Bexel	Acabado de relleno CEMEX fluido 2.5c
Layer 2	Panel de concreto a	Losa de vigueta y bovedilla de poliestir
Layer 3	Pasta estuco Bexel	Mortero RICH polvo-cemento 3mm AR
Layer 4		Mortero EMPARCHE polvo-cemento 5
Layer 5		Pasta estuco Bexel Monocapa 3mm AI



# DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE CONFORT

La zona de confort empleada como parámetro de evaluación de los ambientes higrotérmicos interiores, se determinó con base en las ecuaciones del enfoque adaptativo de la ANSI/ASHRAE, 2013, para calcular la temperatura neutral “Tn”, y el límite inferior y superior para el 90% de las personas, donde “Tma” es la temperatura media del aire del clima local:

$$T_n = 0.31 * T_{ma} + 17.8 \quad (1)$$

$$\text{Límite inferior} = 0.31 * T_{ma} + 15.3 \quad (2)$$

$$\text{Límite superior} = 0.31 * T_{ma} + 20.3 \quad (3)$$

Para mayo, con  $T_m = 28.2^\circ\text{C}$ , la temperatura neutral es  $26.5^\circ\text{C}$ , los límites son  $29.0^\circ\text{C}$  a  $24.0^\circ\text{C}$ .

Actividad	Horario
Turno 1 – Mañana	00:00 a 08:00 hrs.
Turno 2 – Tarde	08:00 a 16:00 hrs.
Turno 3 – Noche	16:00 a 24:00 hrs.

**Tabla 1. Horarios de actividad y descanso de los habitantes de la casa habitación en estudio.**

No. de simulación	Horario 1 00:00-08:00hrs. % apertura	Horario 2 08:00-16:00hrs. % apertura	Horario 3 16:00-24:00hrs. % apertura
1	50	0	0
2	100	0	0
3	0	50	0
4	0	100	0
5	0	0	50
6	0	0	100
7	50	50	0
8	100	100	0
9	0	50	50
10	0	100	100
11	50	0	50
12	100	0	100
13	0	0	0
14	50	50	50
15	100	100	100

**Tabla 2. Horarios de abertura propuestos y porcentaje de abertura en cada turno.**

**IMPLEMENTACIÓN DE VENTANAS ABIERTAS EN UN TURNO**

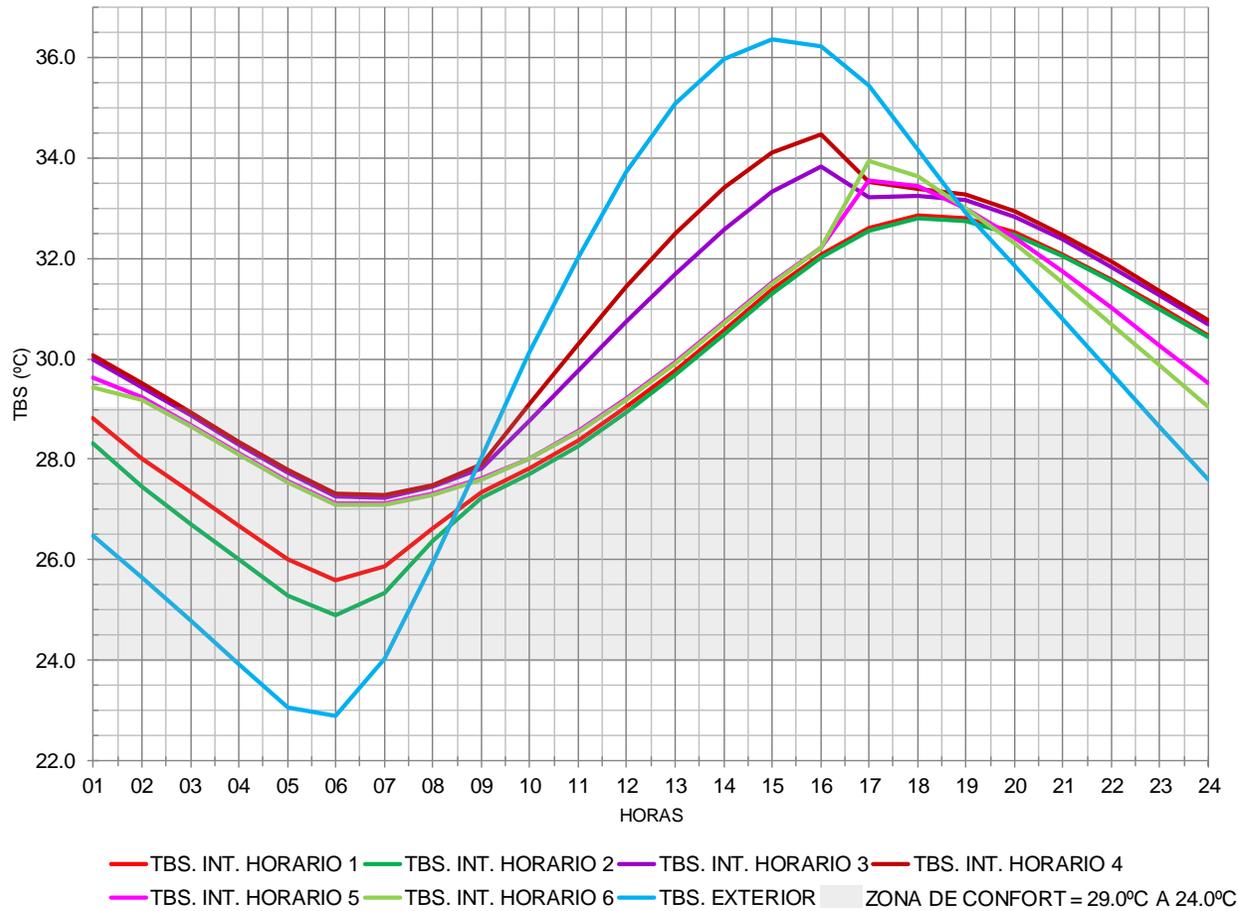
**IMPLEMENTACIÓN DE VENTANAS ABIERTAS EN DOS TURNOS**

**IMPLEMENTACIÓN DE VENTANAS ABIERTAS EN TRES TURNOS**

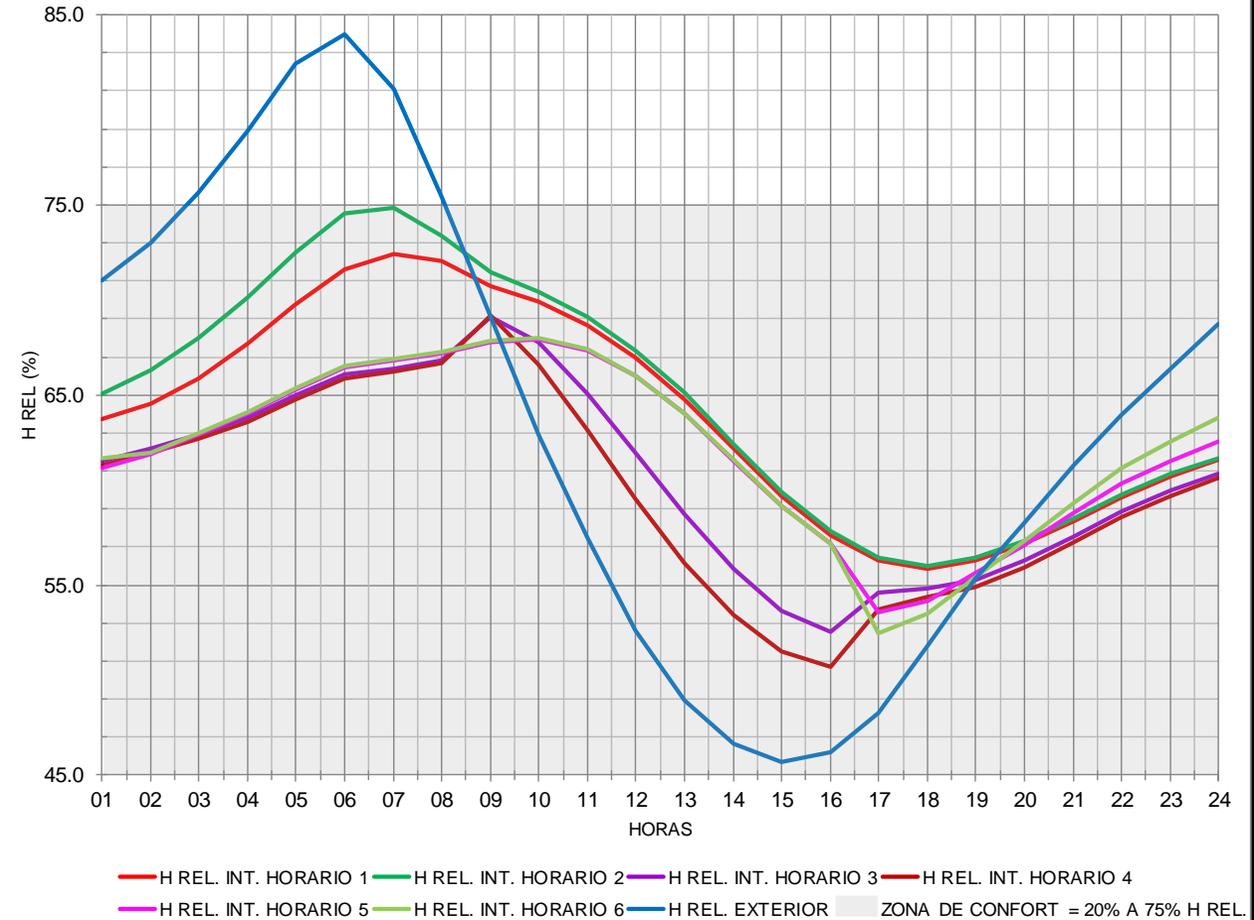


# CONDICIONES HIGROTÉRMICAS DURANTE EL PERÍODO CÁLIDO SECO-MAYO

COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO



COMPARACIÓN DE LAS HUMEDADES MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO

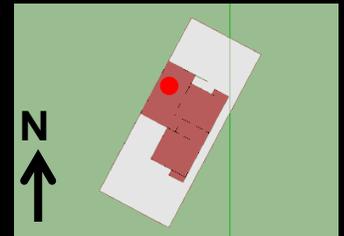


## RESULTADOS

**ZONA DE CONFORT  
29.0°C A 24.0°C Y 20%  
A 75% DE H. REL.**

**MAYO, PERÍODO CALUROSO  
SECO O MÁS CALUROSO**

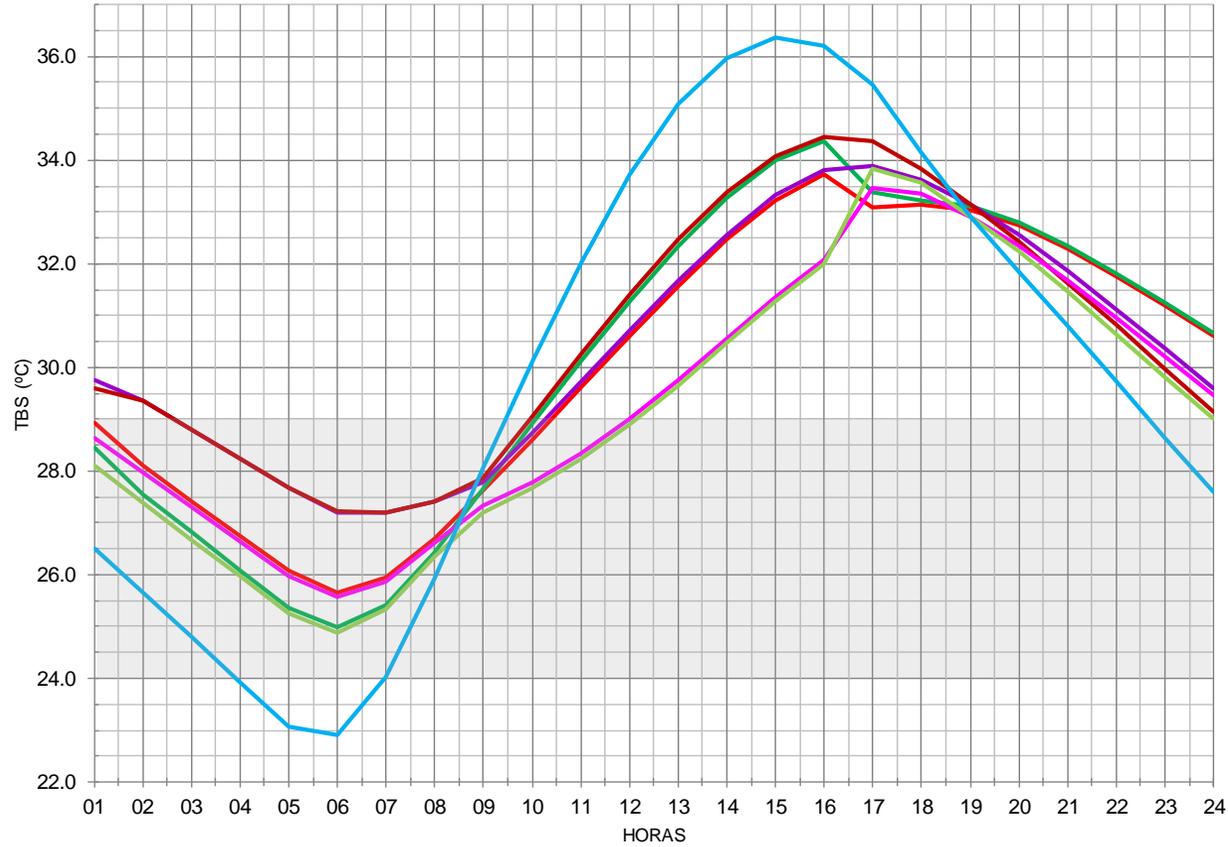
**IMPLEMENTACIÓN DE  
VENTANAS ABIERTAS EN UN  
TURNO**



**ORIENTACIÓN ORIGINAL 298°  
(28° RESPECTO AL NORTE)**

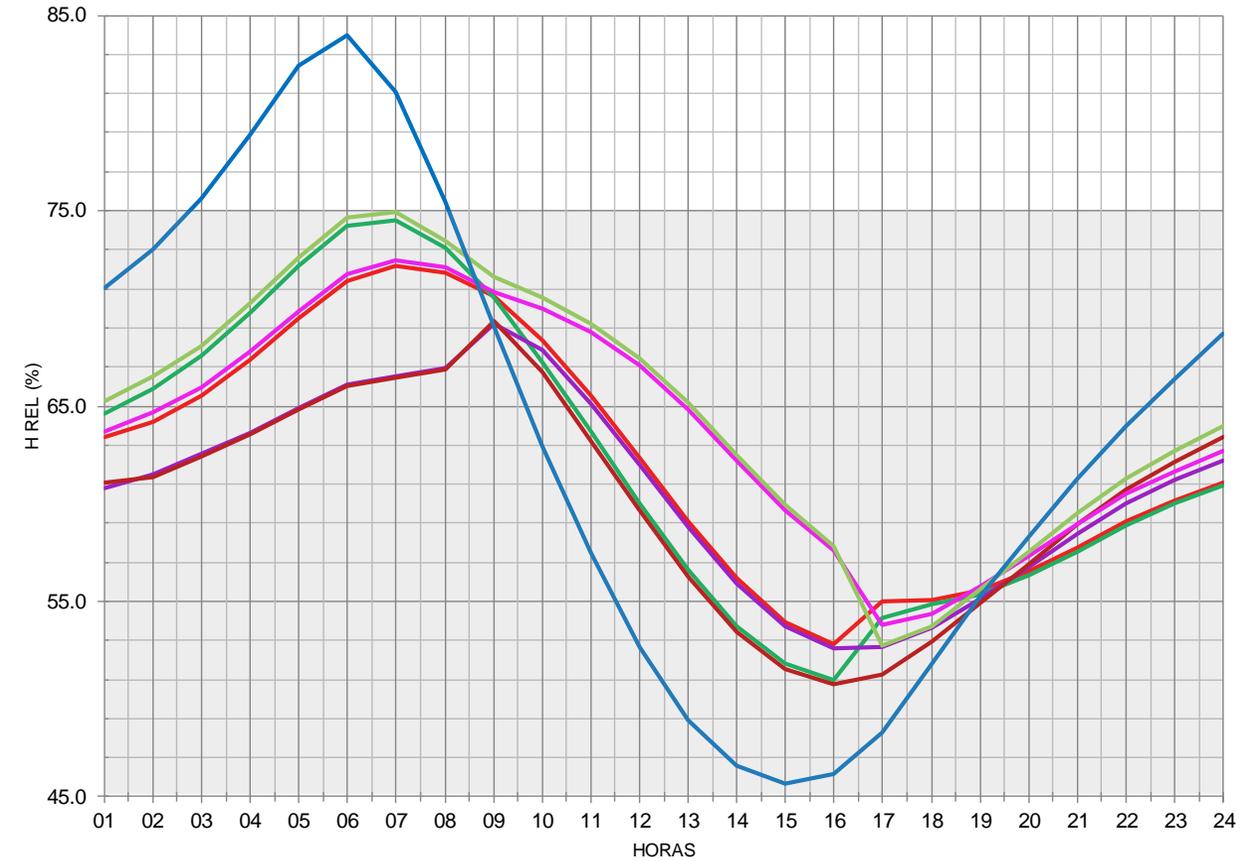
# CONDICIONES HIGROTÉRMICAS DURANTE EL PERÍODO CÁLIDO SECO-MAYO

COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO



— TBS. INT. HORARIO 7    — TBS. INT. HORARIO 8    — TBS. INT. HORARIO 9    — TBS. INT. HORARIO 10  
— TBS. INT. HORARIO 11    — TBS. INT. HORARIO 12    — TBS. EXTERIOR    ZONA DE CONFORT = 29.0°C A 24.0°C

COMPARACIÓN DE LAS HUMEDADES MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO



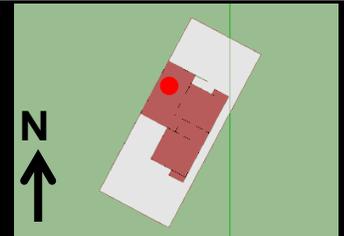
— H REL. INT. HORARIO 7    — H REL. INT. HORARIO 8    — H REL. INT. HORARIO 9    — H REL. INT. HORARIO 10  
— H REL. INT. HORARIO 11    — H REL. INT. HORARIO 12    — H REL. EXTERIOR    ZONA DE CONFORT = 20% A 75% H REL.

## RESULTADOS

**ZONA DE CONFORT  
29.0°C A 24.0°C Y 20%  
A 75% DE H. REL.**

**MAYO, PERÍODO CALUROSO  
SECO O MÁS CALUROSO**

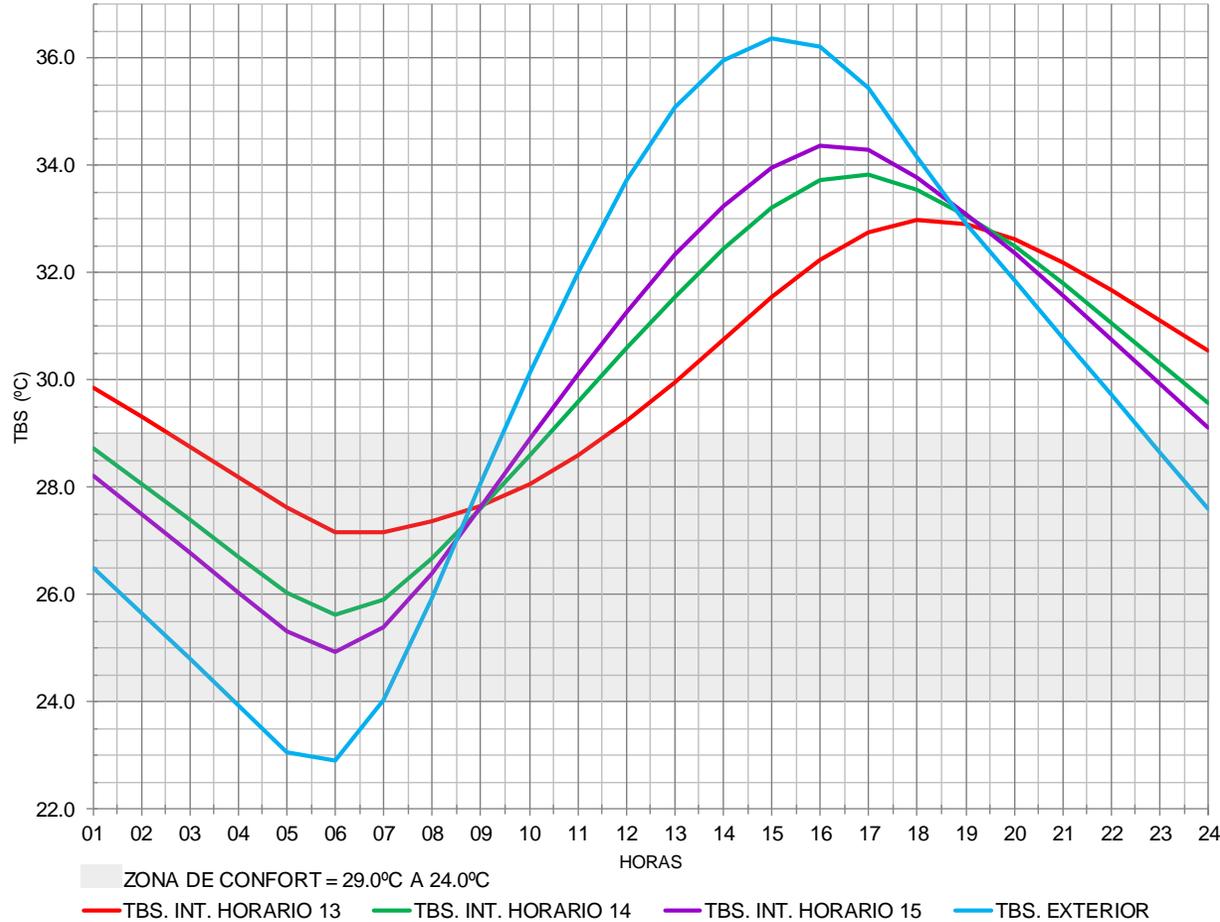
**IMPLEMENTACIÓN DE  
VENTANAS ABIERTAS EN  
DOS TURNOS**



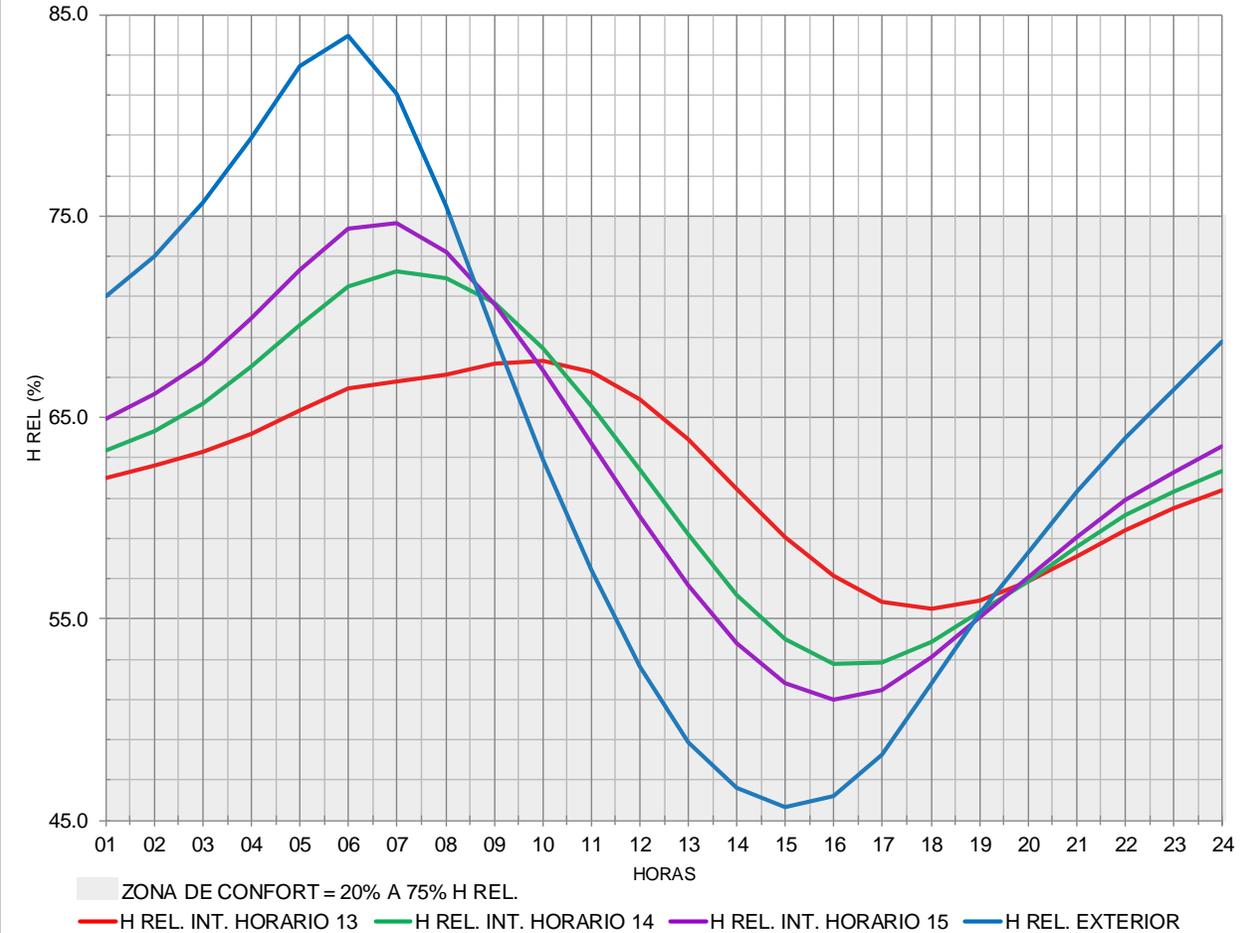
**ORIENTACIÓN ORIGINAL 298°  
(28° RESPECTO AL NORTE)**

# CONDICIONES HIGROTÉRMICAS DURANTE EL PERÍODO CÁLIDO SECO-MAYO

COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO



COMPARACIÓN DE LAS HUMEDADES MEDIAS COMO REPRESENTATIVAS DEL MES DE MAYO

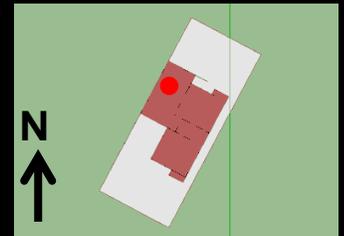


## RESULTADOS

**ZONA DE CONFORT  
29.0°C A 24.0°C Y 20%  
A 75% DE H. REL.**

**MAYO, PERÍODO CALUROSO  
SECO O MÁS CALUROSO**

**IMPLEMENTACIÓN DE  
VENTANAS ABIERTAS EN  
TRES TURNOS**



ORIENTACIÓN ORIGINAL 298°  
(28° RESPECTO AL NORTE)

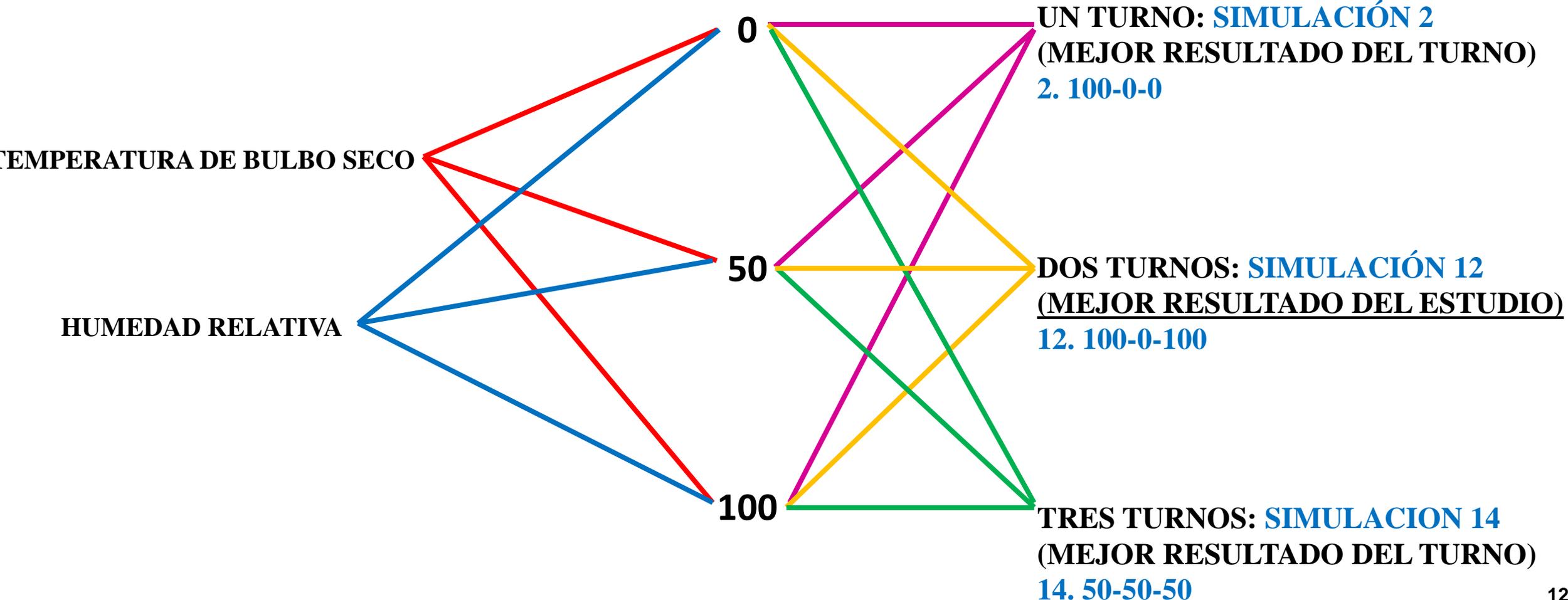
# HORARIOS DE ABERTURA EN VIVIENDA DE CONSTRUCCION MASIVA

Mejores resultados del desempeño térmico interior de la vivienda en cada turno.

VARIABLES INTERIORES

ABERTURA EN VENTANAS (%)

MEJOR RESULTADO



# CONCLUSIONES

- Se determinó que para la temporada cálida seca funciona mejor dos turnos de horarios de aberturas, específicamente **mantener completamente abiertas las ventanas en el horario de 00:00-08:00 h y abrirlas nuevamente en el horario de 16:00-24:00 h**, por lograr mejores condiciones higrotérmicas interiores al ubicarse más horas dentro de la zona de confort determinada durante el período de estudio.
- Para la temporada cálida seca **los mejores resultados alcanzados fueron con condiciones interiores de comodidad por 12.4 horas**. Por lo que la estrategia pasiva de horarios de abertura **es térmicamente ineficiente** al menos para el período más caluroso del año, y **resulta necesaria la implementación de estrategias adicionales para el mejoramiento de las condiciones térmicas interiores y prolongación de horas en la zona de confort**.
- **Tener un horario de aberturas definido brinda una guía** que puede complementar al uso asistido por ventiladores antes que recurrir a climatización por aire acondicionado.
- Resulta favorable la verificación, la especificación, y el refinamiento de **horarios de aberturas en meses diferentes** al mes crítico de mayo.
- La estrategia de determinación de un horario de aberturas conlleva a certidumbre en el control de ventanas y resulta útil de implementar en casos donde la envolvente arquitectónica sea difícilmente modificable por economía de recursos o por estructura física edilicia. **Es una estrategia en la que apegados a un control conlleva a un beneficio inmediato pero limitado**.

# REFERENCIAS

- ANSI/ASHRAE. (2013). ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Belleri, A., Lollini, R., & Dutton, S. M. (2014). Natural ventilation design: An analysis of predicted and measured performance. *Building and Environment*, 81, 123–138, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.009>
- Berkeley, L., Ridge, O. A. K., Ut-battelle, M. B. Y., For, A., Energy, S., Or, D., ... The, W. (2017). Engineering Reference-Energy Plus.
- D'Oca, s., & Hong, T., (2014). A data-mining approach to discover patterns of window opening and closing behavior in offices. *Building and Environment*, 82, 726-739, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.10.021>
- Fabi, V., Andersen, R., Corgnati, S., & Olesen, B. (2012). Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. *Building and Environment*, 58, 188-198, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.009>
- Instituto de Geografía. (1986). Ciudades alternativas para la descentralización. México: UNAM, UAM, DGIA.
- Jeong, B., Jeong, J., & Park, J. (2016). Occupant behavior regarding the manual control of windows in residential buildings. *Energy and Buildings*, 127, 206-216, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.097>
- Lai, D., Jia, S., Qi, Y., & Liu, J. (2018). Window-opening behavior in Chinese residential buildings across different climate zones. *Building and Environment*, 142, 234-243, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.030>
- Less, B., Dutton, S., Walker, I., Sherman, M., & Clark, J. (2019). Energy savings with outdoor temperature-based smart ventilation control strategies in advanced California homes. *Energy and Buildings*, 194, 317-327, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.028>
- Monfet, D., Charneux, R., Zmeureanu, R., Lemire, N. (2009). Calibration of a building energy model using measured data. *ASHRAE Transactions*, 115, pt.1, 348-359. Chicago 2009.
- SMN y CONAGUA. (2011). Normales climatológicas para Mérida, Yucatán, período 1981-2010. Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua.
- Sorgato, M., A.P. Melo, A., & Lamberts, R. (2016). The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. *Energy and Buildings*, 133, 1-13, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.059>
- Szokolay, S. (2004). Introduction to Architectural Science the basis of sustainable design. Elsevier Science. Architectural Press. Burlington, Great Britain.
- Wang, L., & Greenberg, S. (2015). Window operation and impacts on building energy consumption. *Energy and Buildings*, 92, 313-321, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.060>
- Yao, J. (2018). Modelling and simulating occupant behaviour on air conditioning in residential buildings. *Energy and Buildings*, 175, 1–10, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.013>
- Zhao, J., Lasternas, B., Lam, K., Yun, R., & Loftness, V. (2014). Occupant behavior and schedule modeling for building energy simulation through office appliance power consumption data mining. *Energy and Buildings*, 82, 341-355, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.033>
- Zhao, J., Lam, K., Ydstie, B., & Loftness, V. (2016). Occupant-oriented mixed-mode EnergyPlus predictive control simulation. *Energy and Buildings*, 117, 362-371, Elsevier. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.027>



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)