

ESTUDIO DE AMBIENTACIÓN PARA UN LOCAL COMERCIAL MEDIANTE APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN ENTERA



Autores:

Albarracín Maira Eleonora D.N.I: 39.356.305

Argañaraz, Maria Macarena D.N.I: 40.088.180

Cárdenas, Carla Noelia D.N.I: 37.633.238

Delgado, Luz Belén D.N.I: 38.740.894

Grau, Maximiliano D.N.I.: 37.555.359

Valdez, Rocio Maria D.N.I 40.531.105

Cátedra: Análisis Cuantitativo de Negocios I

Institución: Instituto de Administración - Facultad de Ciencias Económicas –
Universidad Nacional de Tucumán

Año: 2021



ÍNDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	4
4. MARCO TEÓRICO	4
5. MARCO METODOLÓGICO	6
6. DESARROLLO.....	6
6.1 Análisis Materiales aislantes.....	6
6.2 Análisis de costos de Materiales Aislantes	9
6.3 Aplicación del Modelo de Programación Entera	10
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
8. BIBLIOGRAFÍA	14
9. ANEXOS	15
9.1 Revisión documental	15
9.2 Análisis de variaciones de calor sensible.....	16
9.3 Costos de materiales aislantes.....	17



ESTUDIO DE AMBIENTACIÓN PARA LOCAL COMERCIAL MEDIANTE APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN ENTERA

ALBARRACÍN MAIRA ELEONORA – ARGAÑARAZ MARIA MACARENA – CÁRDENAS CARLA NOELIA –
DELGADO LUZ BELÉN – GRAU MAXIMILIANO – VALDEZ ROCIO MARIA
Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Tucumán
mairaa.063@gmail.com - macaargaz@gmail.com - carlita.cardenas7@gmail.com - luzbel720@gmail.com -
maxigrau1@gmail.com - rovaldez5@gmail.com

RESUMEN

Una buena climatización de un local comercial hace que los clientes se sientan a gusto y que el proceso de compra sea agradable. A su vez, permite que los productos se conserven en estado óptimo, evitando así su deterioro. Por ello, se ha propuesto como objetivo maximizar la variación de calor sensible, a través de la asignación de materiales aislantes a instalar en el local comercial “Cala Blanca”. El presente trabajo se llevó a cabo desde un enfoque cuantitativo y un diseño de investigación de tipo no experimental; utilizando como técnicas de recolección de datos la observación directa y el análisis documental, aplicando así la técnica de Programación Lineal Entera 0-1. Para continuar con el desarrollo, fue necesario considerar el análisis térmico realizado por la arquitecta consultora de la empresa y las disposiciones de la Gerencia. En consecuencia, se planteó el análisis en base al calor sensible generado por los ventanales del local, para lo cual fue necesario analizar diversos materiales aislantes y sus correspondientes costos, quedando a consideración, los siguientes: durlock con lana de vidrio, durlock con poliestireno, pared de corcho y ploteo para vidrios. Seguidamente para aplicar el modelo de Programación Lineal Entera se definió una función objetivo de maximizar sujeta a restricciones de capacidad, política y financiera. El paso siguiente fue definir las variables de decisión del modelo, siendo éstas un total de 22. Finalmente, la solución, óptima dada por el modelo, con respecto a la asignación de materiales aislantes resulta en una reducción del calor sensible en el local comercial de 3.383,48 watts, representando un 26,05% menos que la situación inicial. Si se considera la instalación de materiales aislantes propuesta por el modelo, la misma implicaría un costo de compra de los mismos de \$83.163,76. Pese al resultado obtenido de una reducción representativa, se propone a la empresa analizar con posterioridad el muro sur, ya que genera un número elevado de calor sensible, por lo cual no debería omitirse.

Palabras Clave: Programación lineal entera - Calor sensible - Materiales aislantes



1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, se desarrolla en locaciones de la empresa comercial “CALA BLANCA”, la misma se dedica a la comercialización de productos de higiene, cuidado personal y limpieza. Se encuentra ubicada en una esquina, de un punto estratégico de la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán.

El local comercial posee una infraestructura que en su mayoría es vidriada por lo que se ve desfavorecida en los días de elevadas temperaturas, ya que la provincia de Tucumán tiene un clima subtropical con una temperatura que va desde los 8°C a 31°C durante todo el año, oscilando entre los 20°C y 45°C en temporada de verano.

2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Dadas las características del espacio físico del local comercial y considerando la situación de verano que tiene la ciudad de San Miguel de Tucumán, es necesario tener una buena ambientación para crear un lugar agradable y ventilado tanto para los clientes como para los productos. Sin embargo, el frente vidriado exterior y las paredes internas poseen una transmitancia térmica importante que repercute en gran medida en la temperatura que el cliente percibe dentro del local. La reducción de esta, puede realizarse a través de la instalación de diferentes materiales aislantes sobre los vidrios o paredes del local. A su vez esta modificación, en principio, ayudará a disminuir los costos futuros relacionados al uso de aire acondicionado.

Actualmente, “Cala Blanca” se encuentra instalando los muebles y organizando el local para su apertura al público. Con lo cual, aún no se analizó sobre las posibles instalaciones a realizar con materiales aislantes para reducir el calor sensible del local. Las modificaciones están sujetas a diferentes limitaciones tanto de políticas, de capacidad, así como también financieras.

Preguntas de investigación:

- ¿Con qué materiales aislantes se podría reducir el calor sensible del local comercial? ¿Cuáles se utilizarán?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los materiales aislantes?
- ¿Cuál es el presupuesto disponible para afrontar la decisión de reducir el calor sensible del local comercial?
- ¿Cuál es la herramienta más adecuada para modelizar esta situación?



3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Maximizar la variación de calor sensible, a través de la asignación de materiales aislantes a instalar en el local comercial Cala Blanca.

**entiéndase calor sensible como la temperatura percibida dentro del local*

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los materiales aislantes que se deberían instalar para reducir el calor sensible del local comercial
- Definir la variación del calor sensible producida ante la incorporación de cada material aislante.
- Proponer posibles recomendaciones a la gerencia.

4. MARCO TEÓRICO

A fines de este trabajo, se considerará el método de Programación Entera (PE)

Un modelo de programación entera es un modelo que tiene restricciones y una función objetivo idénticas a las formuladas por la PL. La única diferencia es que una o más de las variables de decisión tienen que tomar un valor entero en la solución final. Existen tres tipos de problemas de programación entera:

1. Los problemas de programación entera pura son casos donde se requiere que todas las variables tengan valores enteros.
2. Los problemas de programación entera mixta son casos en los cuales se requiere que algunas variables de decisión, aunque no todas, tengan valores enteros.
3. Los problemas de programación entera cero-uno son casos especiales donde todas las variables de decisión deben tener valores de solución enteros de 0 o 1.

En el presente trabajo se utilizará el último caso de Programación Entera. A una variable 0-1 se le asigna un valor de 0 si no se satisface una cierta condición, y 1 si se satisface la condición. (Render, SH. ,2013, p.251)



Además, resultan necesarios considerar algunos de los siguientes conceptos, extraídos de la Nota Técnica elaborada por las autoras Prof. Arq. Ledesma, S. y Prof. Arq. Nota, V. (2017) de Cátedra Acondicionamiento Natural - FAU - UNT:

TRANSMITANCIA TÉRMICA K: El coeficiente de transmitancia térmica de un elemento constructivo indica la cantidad de calor transmitido por el elemento por hora, por unidad de superficie y por la diferencia unitaria de temperaturas entre ambas superficies. Se mide en $W/m^2\text{ }^{\circ}C$.

RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL (Rt): Representa la capacidad del elemento constructivo de oponerse al flujo de calor y es la inversa de la transmitancia térmica. Se mide en $m^2\text{ }^{\circ}C/W$.

RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS MATERIALES (Rm): Es la resistencia al paso del calor, que ofrecen todos los materiales que componen una envolvente (muros, cubiertas, ventanas, etc). Esta resistencia es directamente proporcional al espesor de cada uno de los materiales e inversamente proporcional al coeficiente de conductividad (λ) de los mismos.

Por lo general un elemento constructivo se encuentra compuesto por más de un material, por lo que la resistencia de los materiales será igual a: $R_m = \sum e/\lambda$

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ): es una propiedad de los materiales que determina el flujo de calor transferido por el material por hora, por unidad de espesor, por unidad de superficie y por la diferencia unitaria de temperaturas entre ambas superficies. Se mide en $W/m^{\circ}C$. Los materiales de muy baja conductividad térmica se denominan “materiales aislantes”.

Para determinar la metodología de abordaje del presente trabajo, se considera lo dispuesto por los autores Hernández Sampieri, R., et al. (2014), quienes definen que “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

Respecto al diseño de investigación, los autores mencionados con anterioridad establecen una categoría no experimental consistente con “Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p. 152).

Por último, teniendo en cuenta la clasificación de los diseños no experimentales, se considera de aplicación el diseño Transversal, definido por Hernández Sampieri, R., et al. (2014) como: “Investigaciones que recopilan datos en un momento único” (p. 154).



5. MARCO METODOLÓGICO

En base a la obra de los autores Hernández Sampieri, R., et al. (2014) el presente trabajo se abordará desde un enfoque metodológico de tipo cuantitativo, con un diseño de investigación de tipo No Experimental, de corte Transversal dado que los datos son tomados en un momento único.

Para abordar la situación problemática, antes mencionada, se realizó:

- Observación directa: se realizaron visitas al local comercial
- Análisis documental de la siguiente información brindada por la arquitecta que asesora a la empresa:
 - Modelo Análogo: es una representación gráfica del local en 3D realizado través de la aplicación SketchUp
 - Planillas proporcionadas por la Arquitecta: son instrumentos usados para el cálculo de ganancia térmica, potencia frigorífica y caudal del aire acondicionado para locales de la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán.
 - Modelo Físico: Representación de los resultados obtenidos luego de cargar los datos del SketchUp en las hojas de cálculo para su exposición y posterior análisis de la información.
- Programación Entera Binaria, considerando los ventanales del local comercial de “CALA BLANCA”.

6. DESARROLLO

6.1 Análisis Materiales aislantes

En primer lugar, para realizar la modificación de los ventanales del local, fue necesario analizar los materiales aislantes que posiblemente ayudarían a disminuir la carga térmica, teniendo en cuenta el juicio de experto. Dichos materiales son los siguientes:

- Placas Durlock con lana de vidrio: Está compuesto por la mezcla entre fibras de vidrio y caras revestidas con placas Durlock. También es un material de construcción utilizado para la ejecución de tabiques interiores y revestimientos de techos y paredes. A su vez, la lana de vidrio comparado a otros aislantes, es más liviana y de muy baja conductividad térmica. Esto le otorga más eficacia porque manteniendo un mismo espesor, se logra una mayor y más eficiente resistencia térmica. La lana de vidrio es 100% reciclable, no contamina y es un producto inerte tanto para la naturaleza, como para el ser humano.
- Placas Durlock con poliestireno: es un material aislante único en base a fibras de poliéster termoligadas que mantiene el aire entre ellas brindando grandes prestaciones acústicas y térmicas. Sus mayores ventajas están dadas por su excelente trabajabilidad, sus fibras impermeables, no es inflamable y brinda un excelente aislamiento acústico y térmico.



- Ploteo de vidrios: permite realizar publicidad, es económico y se puede utilizar un diseño amigable para la apariencia del local. Sin embargo, tiene poca reducción de temperatura para el ambiente.
- Pared de corcho: es ecológica, impermeable, transpirable, produce aislamiento térmico óptimo, aislamiento acústico y contra vibraciones, resistente a la presión y la compresión. Además, se trata de un material muy ligero y posee gran adherencia a las superficies lisas debido a los huecos de las células que lo conforman. Aunque es costoso, puede rayarse con facilidad y se decolora con el transcurso del tiempo.

Además, el total de la carga térmica del local es de 18.617,29 watts. De lo cual, nos enfocaremos en la reducción del calor sensible, que es de 12.986,79 watts, debido a la gran incidencia que tiene en el total antes mencionado.

Con la información obtenida, se realizó un análisis vertical para conocer la proporción de carga térmica emitida por los diferentes elementos de Cala Blanca.

Análisis Vertical

Elementos	Total calor sensible	Proporción
M1	952,40	7,33%
M2	513,09	3,95%
M3	587,64	4,52%
V1	3.419,52	26,33%
V2	1.446,17	11,14%
V3	1.417,68	10,92%
M4	4.650,29	35,81%
TOTAL	12.986,79	1

Fuente: Elaboración propia.

De lo cual se obtiene que, del total de calor sensible emitido en el local, un 48,39% corresponde al elemento vidrio y el 51,61% a los muros. Si sólo se consideran los resultados numéricos, lo ideal sería reducir la carga térmica que



proporcionan los muros al local. Pero, según lo aconsejado por la arquitecta y en base a la prioridad de la gerencia, se decidió realizar la modificación en los ventanales de vidrios que se encuentran en el frente del local. Por lo tanto, a fines de este trabajo, sólo se considerarán el análisis del Vidrio 1 (Norte), Vidrio 2(Noreste) y Vidrio 3 (Este).

La superficie total del frente vidriado de Cala Blanca es de 88,20m². A continuación, se puede visualizar el local comercial mediante el Modelo Análogo.

Representación gráfica de “CALA BLANCA”



Fuente: Arquitecta asesora de Cala Blanca.

Respecto al mismo, la gerencia decidió que exista un espacio vidriado que permita la visibilidad de los productos para los clientes. Por ello, la arquitecta definió que la superficie que se va a ocupar con material aislante Durlock sea de 46,60 m².

Representación gráfica de “CALA BLANCA” luego de la modificación definida por la gerencia



Fuente: Arquitecta asesora de Cala Blanca.



Por otra parte, la gerencia definió las siguientes condiciones respecto a los materiales aislantes a utilizar y su posible combinación:

- El Durlock puede ser combinado con Lana de Vidrio o Poliestireno
- Donde hay durlock, puede ir pared de corcho del lado interno
- Donde hay vidrio libre, puede ir ploteo para vidrios

6.2 Análisis de costos de Materiales Aislantes

Seguidamente, fue necesario realizar un relevamiento de los costos que tienen los materiales aislantes para reducir la carga térmica presente en el local comercial. Teniendo en cuenta que el presupuesto disponible de la gerencia para la compra de materiales es de \$100.000

Costos de la pared de durlock relleno con lana de vidrio

(Durlock + Superboard) + Lana de vidrio como relleno = Durlock LV

$$(\$384,11/m^2 + \$784,72/m^2) + \$232,73/m^2 = \$1.168,84/m^2 + \$232,73/m^2 = \$1.401,57/m^2$$

Costos de la pared durlock rellena de Poliestireno

(Durlock + Superboard) + Poliestireno como relleno = Durlock P

$$(\$384,11/m^2 + \$784,72/m^2) + \$1.041,67/m^2 = \$1.168,84/m^2 + \$1.041,67/m^2 = \$2.210,51/m^2$$

Costos de materiales aislantes

Material aislante	Precio/Unidad de medida	Plataforma
Ploteo de vidrio	\$633,00 /m ²	Mercado Libre
Pared de corcho	\$3.888,00 /m ²	Mercado Libre
Durlock	\$384,11 /m ²	Mercado Libre
Superboard	\$784,72 /m ²	Mercado Libre
Lana de	\$232,73 /m ²	Mercado



vidrio		Libre
Poliestireno	\$1.041,67 /m ²	Mercado Libre

Fuente: Elaboración propia

6.3 Aplicación del Modelo de Programación Entera

Continuando con el desarrollo del presente trabajo, se hace uso de la técnica de Programación lineal entera para obtener una solución óptima respecto a la asignación de recursos. Para ello se han definido los siguientes pasos en la formulación del modelo:

- Definición de la Función Objetivo:

F.O. = Maximizar la variación de calor sensible en el local Cala Blanca =
 $263,79 \cdot V1 + 263,79 \cdot V2 + 227,52 \cdot V3 + 227,52 \cdot V4 + 389,10 \cdot V5 + 323,15 \cdot V6 + 323,15 \cdot V7 + 1.055,17 \cdot V8 + 178,13 \cdot V9 + 178,13 \cdot V10 + 153,64 \cdot V11 + 153,64 \cdot V12 + 218,22 \cdot V13 + 218,22 \cdot V14 + 218,22 \cdot V15 + 712,53 \cdot V16 + 218,97 \cdot V17 + 130,94 \cdot V18 + 220,06 \cdot V19 + 101,23 \cdot V20 + 132,04 \cdot V21 + 78,12 \cdot V22$

- Identificación de las restricciones clasificadas según su tipo:

La función objetivo está sujeta a:

Restricciones de Capacidad

1: $V1 + V9 = 1$

2: $V2 + V10 = 1$

3: $V3 + V11 = 1$

4: $V4 + V12 = 1$

5: $V5 + V13 = 1$

6: $V6 + V14 = 1$

7: $V7 + V15 = 1$

8: $V8 + V16 = 1$

9: $V3 = V4$

10: $V11 = V12$

11: $V17 + V18 = 1$

12: $V19 + V20 = 1$

13: $V21 + V22 = 1$

14: $V1 + V2 + 2V17 = 2$

15: $V5 + V6 + 2V19 = 2$

16: $V7 + V21 = 1$



Restricción Financiera:

$$17: \$4.424,00 * V1 + \$4.424,00 * V2 + \$3.815,70 * V3 + \$3.815,70 * V4 + \$6.525,40 * V5 + \$5.417,40 * V6 + \$5.417,40 * V7 + \$17.696,00 * V8 + \$8.842,04 * V9 + \$8.842,04 * V10 + \$7.626,26 * V11 + \$7.626,26 * V12 + \$13.042,01 * V13 + \$10.831,50 * V14 + \$10.831,50 * V15 + \$35.368,16 * V16 + \$12.596,70 * V17 + \$7.532,70 * V18 + 12.660,00 * V19 + \$5.823,60 * V20 + \$7.596,00 * V21 + \$4.494,30 * V22 \leq \$100.000,00$$

18: Restricción de no negatividad

- Definición de las variables de decisión:

Variables de decisión:

Variables Binarias:

- Variable 0: no se instala el material aislante
- Variable 1: si se instala el material aislante

Variables Durlock/Lana de vidrio

- V1: Durlock (Lana de Vidrio) cara Este 1 con un total de 4m²
- V2: Durlock (Lana de Vidrio) cara Este 2 con un total de 4m²
- V3: Durlock (Lana de Vidrio) cara Noreste 1 con un total de 3,45m²
- V4: Durlock (Lana de Vidrio) cara Noreste 2 con un total de 3,45m²
- V5: Durlock (Lana de Vidrio) cara Norte 1 con un total de 5,9m²
- V6: Durlock (Lana de Vidrio) cara Norte 2 con un total de 4,9m²
- V7: Durlock (Lana de Vidrio) cara Norte 3 con un total de 4,9m²
- V8: Durlock (Lana de Vidrio) cara Norte 4 con un total de 16m²

Variables Durlock/Poliestireno

- V9: Durlock (Poliestireno) cara Este 1 con un total de 4m²
- V10: Durlock (Poliestireno) cara Este 2 con un total de 4m²
- V11: Durlock (Poliestireno) cara Noreste 1 con un total de 3,45m²
- V12: Durlock (Poliestireno) cara Noreste 2 con un total de 3,45m²
- V13: Durlock (Poliestireno) cara Norte 1 con un total de 5,9m²
- V14: Durlock (Poliestireno) cara Norte 2 con un total de 4,9m²
- V15: Durlock (Poliestireno) cara Norte 3 con un total de 4,9m²
- V16: Durlock (Poliestireno) cara Norte 4 con un total de 16m²

Variables Ploteo de vidrios

- V17: Ploteo cara Este con un total de 9,90 m²
- V18: Ploteo cara Este con un total de 11,90 m²
- V19: Ploteo cara Norte 1 con un total de 20,00 m²
- V20: Ploteo cara Norte 2 con un total de 9,20 m²
- V21: Ploteo cara Norte 3 con un total de 12,00 m²



V22: Ploteo cara Norte 4 con un total de 7,10 m²

El cálculo de los coeficientes objetivos, se determinaron como la diferencia que existe entre el calor sensible de la situación inicial sin ninguna instalación y el calor sensible que quedaría luego de la instalación de los materiales aislantes propuestos. Recordando que, el calor sensible se puede entender como la temperatura percibida por el cliente dentro del local comercial.

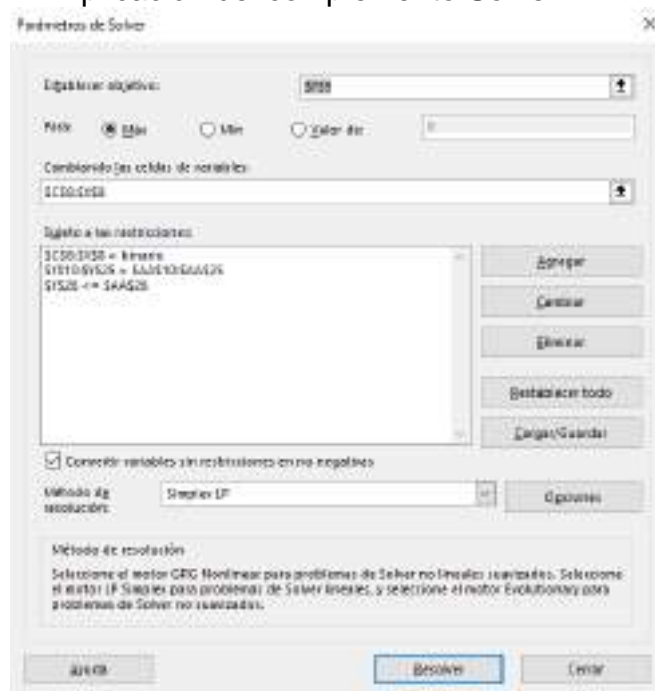
Los datos antes mencionados se cargaron en las Hojas de Cálculo de Excel, aplicando el Modelo de Programación, con el complemento Solver, a fin de obtener el valor óptimo. Lo detallado se presenta a continuación:

Modelo de programación entera en Excel

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet used for linear programming. The columns represent variables (V1 through V12) and the rows represent constraints (C1 through C12). The spreadsheet contains numerical values and formulas for each cell, representing the coefficients and right-hand side values of the linear programming problem.

Fuente: Elaboración Propia

Aplicación del complemento Solver



Fuente: Elaboración Propia

El complemento Solver con motor Simplex LP encontró una solución que cumple con todas las restricciones y condiciones óptimas, lo cual se presenta a



continuación:

Informe de respuesta del complemento Solver

Celda objetivo (Máx)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$X\$9	Coef.	3.383,48	3.383,48

Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$B\$8	VD V1	1	1	Binario
\$C\$8	VD V2	1	1	Binario
\$D\$8	VD V3	1	1	Binario
\$E\$8	VD V4	1	1	Binario
\$F\$8	VD V5	1	1	Binario
\$G\$8	VD V6	1	1	Binario
\$H\$8	VD V7	1	1	Binario
\$I\$8	VD V8	1	1	Binario
\$J\$8	VD V9	0	0	Binario
\$K\$8	VD V10	0	0	Binario
\$L\$8	VD V11	0	0	Binario
\$M\$8	VD V12	0	0	Binario
\$N\$8	VD V13	0	0	Binario
\$O\$8	VD V14	0	0	Binario
\$P\$8	VD V15	0	0	Binario
\$Q\$8	VD V16	0	0	Binario
\$R\$8	VD V17	0	0	Binario
\$S\$8	VD V18	1	1	Binario
\$T\$8	VD V19	0	0	Binario
\$U\$8	VD V20	1	1	Binario
\$V\$8	VD V21	0	0	Binario
\$W\$8	VD V22	1	1	Binario

Restriciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$X\$10	Capacidad: V1 + V9 = 1	1	\$X\$10=\$Z\$10	Vinculante	0
\$X\$11	Capacidad: V2 + V10 = 1	1	\$X\$11=\$Z\$11	Vinculante	0
\$X\$12	Capacidad: V3 + V11 = 1	1	\$X\$12=\$Z\$12	Vinculante	0
\$X\$13	Capacidad: V4 + V12 = 1	1	\$X\$13=\$Z\$13	Vinculante	0
\$X\$14	Capacidad: V5 + V13 = 1	1	\$X\$14=\$Z\$14	Vinculante	0
\$X\$15	Capacidad: V6 + V14 = 1	1	\$X\$15=\$Z\$15	Vinculante	0
\$X\$16	Capacidad: V7 + V15 = 1	1	\$X\$16=\$Z\$16	Vinculante	0
\$X\$17	Capacidad: V8 + V16 = 1	1	\$X\$17=\$Z\$17	Vinculante	0
\$X\$18	Capacidad: V3 = V4	0	\$X\$18=\$Z\$18	Vinculante	0
\$X\$19	Capacidad: V11 = V12	0	\$X\$19=\$Z\$19	Vinculante	0
\$X\$20	Capacidad: V17 + V18 = 1	1	\$X\$20=\$Z\$20	Vinculante	0
\$X\$21	Capacidad: V19 + V20 = 1	1	\$X\$21=\$Z\$21	Vinculante	0
\$X\$22	Capacidad: V21 + V22 = 1	1	\$X\$22=\$Z\$22	Vinculante	0
\$X\$23	Capacidad: V1 + V2 + 2V17 = 2	2	\$X\$23=\$Z\$23	Vinculante	0
\$X\$24	Capacidad: V5 + V6 + 2V19 = 2	2	\$X\$24=\$Z\$24	Vinculante	0
\$X\$25	Capacidad: V7 + V21 = 1	1	\$X\$25=\$Z\$25	Vinculante	0
\$X\$26	Financiera	83.163,76	\$X\$26<=\$Z\$26	No vinculante	16036,238
\$B\$8:\$W\$8=Binario					

Fuente: Elaboración propia

El valor óptimo que se obtiene es de 3.383,48 watts. El mismo se obtuvo a partir del análisis de la PE con el complemento Solver de Excel, lo que equivale a la máxima variación de calor sensible que se podría reducir mediante la incorporación de materiales aislantes.

Una vez obtenido este valor, se procede al siguiente análisis: El calor sensible total producido únicamente por los ventanales de vidrio, en la situación inicial da como resultado 6.283,37 watts. Considerando el resultado de 3.383,48 watts obtenido con el Modelo de PL Entera, se puede determinar que el cambio en el calor sensible generado por los ventanales vidriados disminuiría



en un 53,85% en la nueva situación; es decir con la aplicación de la solución óptima de los materiales aislantes considerados.

En consecuencia, la reducción del calor sensible total del local que en un principio era de 18.617,29 watts se redujo en un 26,05%.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Programación Lineal Entera resultó una herramienta de gran ayuda que permitió una importante colaboración para determinar los resultados del presente trabajo. Se obtuvo que la máxima reducción térmica que se puede conseguir en el local “Cala Blanca”, realizando modificaciones solo en los ventanales, es de 3.383,48 watts.

La asignación de materiales aislantes resulta óptima según lo siguiente: Durlock con Lana de Vidrio para todo el frente del local (norte, este y noreste) y Ploteo para vidrios en el frente Este y Norte.

Por lo tanto, de los \$100.000 destinados como presupuesto se utilizarán \$83.163,76 para la compra de materiales aislantes, si se considera la asignación que nos brinda el modelo aplicado. Ajustándose así, al presupuesto establecido.

La máxima reducción de calor sensible total en el local será del 26,05%, esto brindará un ambiente más agradable para las instalaciones y para los clientes. También, sería adecuado, que la gerencia evalúe a futuro invertir en la reducción del calor sensible emitido por el muro Sur, debido a que es el elemento que mayor temperatura provoca en el ambiente.

Además, se recomienda evaluar si existe la posibilidad de que los proveedores realicen ploteo publicitario en “Cala Blanca” lo que beneficiaría, en una reducción de costos de compra de este material aislante y/o eliminación de los mismos, en el mejor de los casos. Pero, en consecuencia, se deberían evaluar los costos relacionados al impuesto de “Publicidad y Propaganda”, estipulados por la Dirección General de Rentas de la provincia.

Por último, es importante considerar en el análisis, los costos correspondientes a la instalación de los materiales definidos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Hernández Sampieri, R., et al. (2014). *Metodología de la investigación*. (Sexta. ed.). Mc Graw Hill.

Ledesma, S. y. (2017). *Acondicionamiento Térmico: Transmitancia térmica K*. Instituto de Acondicionamiento Ambiental - FAU - UNT.

Render, B., et al. (2012). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Pearson.



9. ANEXOS

9.1 Revisión documental

A fin de comprender cómo está compuesto el calor sensible total del local comercial en la situación actual, la arquitecta brindó una planilla con el cálculo de potencia frigorífica y caudal de aire acondicionado. Los cálculos de dicha planilla se efectuaron bajo la premisa de “situación verano”, considerando así un escenario con altas temperaturas propias de la ciudad de San Miguel de Tucumán; resultando lo siguiente:

Planilla para el cálculo de potencia frigorífica y caudal de aire acondicionado -
 Situación Verano 1.

NOMBRE DEL CLIENTE/PROYECTO:
 ING. JORGE MARCOLOMBO

EL DISEÑO QUE SE REALIZA Y CONTIENE EN ESTE PROYECTO PARA LOS FINES DE LA DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL LOCAL DE TRABAJO SE EFECTUÓ EN BASE AL DISEÑO DE UN PROYECTO DE EJEMPLO.

NOTAS: La siguiente planilla tiene por objeto dar cuenta de los cálculos presentados.
 NOTAS: Los cálculos son orientativos y no representan un estudio de detalle.

2. Dimensiones y área construida (m²)
 3. Dimensiones y área construida (m²)
 4. Dimensiones y área construida (m²)
 5. Dimensiones y área construida (m²)

CONDICIONES DE USO DEL LOCAL

Tipología	Actividad
Local comercial	Alta actividad
Superficie	711
Altura	3,00

Tipología	Actividad
Local comercial	Alta actividad
Superficie	711
Altura	3,00

CARGAS TÉRMICAS EXTERIORES POR TRANSMISIÓN

Elemento	Superficie (m ²)	U	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Carga sensible (W)
V1	119	0,45	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	303,06
V2	400	0,35	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	1.081,10
V3	150	0,45	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	320,58
TOTAL CARGA TÉRMICA POR TRANSMISIÓN (W)											1.704,74

CARGAS EXTERIORES RADIACIÓN

Elemento	Radiación Incidente	Superficie (m ²)	Factor solar vidrio	Factor solar protección	Carga sensible (W)
V1	119	43,00	0,45	0,15	303,06
V2	400	23,30	0,35	0,15	1.081,10
V3	150	19,90	0,45	0,15	320,58
TOTAL CARGA TÉRMICA POR RADIACIÓN (W)					1.704,74

Fuente: Arquitecta asesora de Cala Blanca.

Planilla para el cálculo de potencia frigorífica y caudal de aire acondicionado -
 Situación Verano 2.



CARGA TÉRMICA INTERNA			
CALOR SENSIBLE			
Elemento	Datos	Nº	Calor Sensible
Personas	Cantidad total de personas	15	1200,00
	Iluminancia (La)	500	
Luces	Rendimiento Lumínico (LM/W)	90	1300,00
	Área (m ²)	180	
Motores	Hasta 2 HP	0	0,00
	Más de 2 HP	0	
Equipamiento	Calor Sensible	800,00	800,00
TOTAL GANANCIA TÉRMICA INTERNA SENSIBLE (W)			3000,00
CALOR LATENTE			
Elemento	Datos	Nº	Calor Latente
Personas	Cantidad total de personas	15	690,00
Equipamiento	Calor Latente	80,30	80,30
TOTAL GANANCIA TÉRMICA INTERNA LATENTE (W)			770,00
CARGA TÉRMICA TOTAL DEL LOCAL (EXTERNAS E INTERNAS)			
CARGA TÉRMICA SENSIBLE			
Total ganancia térmica externa sensible			14847,29
Total ganancia térmica interna sensible			3000,00
TOTAL GANANCIA TÉRMICA SENSIBLE (W)			17847,29
CARGA TÉRMICA LATENTE			
TOTAL GANANCIA TÉRMICA LATENTE (W)			770,00
TOTAL GANANCIA TÉRMICA DEL LOCAL (W)			18617,29
PLANILLA FACTOR DE CALOR SENSIBLE			
Total calor sensible			17847,29
Total calor latente			770,00
Total calor final			18617,29
FACTOR DE CALOR SENSIBLE			0,96

Fuente: Arquitecta asesora de Cala Blanca.

9.2 Análisis de variaciones de calor sensible

A continuación, se presentan los cálculos efectuados para determinar los coeficientes objetivos que integran el modelo de PL:

Variaciones de calor sensible



Situación 0	Situación 1	(0-1)	Situación 0	Situación 1	(0-1)
V1					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación
284,96	188,71	-118,25	420,32	245,89	-174,43
V2					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación
284,96	188,71	-118,25	349,08	204,22	-144,86
V3					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación
245,78	143,78	-102	349,08	204,22	-144,86
V4					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación
245,78	143,78	-102	1139,84	668,83	-473,01
V4					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Lana de Vidrio	Variación
245,78	143,78	-102	1139,84	668,83	-473,01
V9					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación
284,96	269,14	-15,82	420,32	390,98	-29,34
V10					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación
284,96	269,14	-15,82	349,08	320,69	-28,39
V11					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación
245,78	232,13	-13,65	349,08	320,69	-28,39
V12					
Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación	Antes de aplicar Durlock	Con Durlock Poliestireno	Variación
245,78	232,13	-13,65	1139,84	1076,55	-63,29
V17 - Ploteo Este sin Durlock					
Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.	Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.
3417,68	1409,05	-8,83	1424,8	1418,13	-8,67
V18 - Ploteo Este con Durlock					
Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.	Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.
847,76	842,6	-5,16	656,41	651,42	-4,99
V21 - Ploteo Norte 2 sin Durlock					
Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.			
854,88	849,68	-5,2			
V22 - Ploteo Norte 2 con Durlock					
Antes de aplicar ploteo	Con Ploteo	Reducc.			
505,8	502,73	-3,07			

Fuente: Elaboración propia.

9.3 Costos de materiales aislantes

A continuación, se incluyen las fuentes consultadas a fin de determinar los materiales aislantes térmicos bajo análisis:

1. **Ploteo sobre vidrio: \$633 p/ m2**
2. **Adhesivo para vidrio**
\$420 p/ m2
3. **Pared de corcho**
\$1400
4. **Cortina interior**
\$2.120



-
5. Muro vegetal - artificial
\$643
 6. Durlock - Opción 1
\$649
 7. Durlock Lana de vidrio
\$5027
 8. Durlock - Opción 2
\$1073
 9. Cortina roller
\$9.480
 10. Láminas control solar
\$4700