



FAU Facultad de
Arquitectura
y Urbanismo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



M4-d Seminario de Auditoría Energética

AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN VIVIENDAS DE LAS CIUDADES
DE LIMA, LA PAZ Y RÍO GALLEGOS

Autores: Arq. Álvaro Arciénega
Arq. Valeria Diaz Bustamante
Arq. Beatriz Valverde
Docentes: Dr. Arq. Jorge Daniel Czajkowski
Arq. Esp. Roberto Berardi
Fecha: Agosto, 2022

1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe técnico se vuelcan los resultados obtenidos en las auditorías energéticas realizadas en viviendas unifamiliares de las ciudades de La Paz (Bolivia), Lima (Perú) y Río Gallegos (Argentina). El objetivo del trabajo consiste en comprender como se utiliza la energía a fin de poder detectar oportunidades de ahorro energético.

En primer lugar, se realizaron las encuestas socio energéticas que posibilitaron conocer la composición familiar, el nivel socioeconómico del grupo, el equipamiento de la vivienda, los hábitos de consumo de energía, sus opiniones referentes a la vivienda que habitan, entre otros. Además, se relevaron las características constructivas de las edificaciones seleccionadas y se confeccionaron los croquis correspondientes. Luego, se recabaron las facturas de energía eléctrica y de gas natural.

A partir de la información obtenida se analizó en detalle cómo se está utilizando la energía en cada caso y se compararon los resultados de las viviendas localizadas en las tres ciudades estudiadas. Por último, se procedió a realizar una auditoría detallada para evaluar el comportamiento higrotérmico de las viviendas. A tal fin se seleccionó una vivienda por ciudad. Los datos registrados se introdujeron en diagramas psicrométricos elaborados con el software Psiconf 1.0.

A. AUDITORÍA ENERGÉTICA DE VIVIENDAS EN LA PAZ, BOLIVIA.

1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO - UBICACIÓN

La ciudad de la Paz se encuentra localizada a $16^{\circ}49'$ de latitud sur y a $68^{\circ}12'$ de longitud oeste en el área andina de Bolivia (figura 1), a una altitud promedio de 3.640 msnm. y una zona horaria correspondiente a -4 UTM respecto al meridiano de referencia. En estas condiciones, el clima adquiere rasgos particulares propios del altiplano andino, ubicado en la región occidental del país. Para el análisis climático realizado en el presente trabajo, se ha tomado como referencia la estación meteorológica el aeropuerto internacional de El Alto, ubicada a una altitud de 4.042 msnm.



Figura 1: Ubicación, ciudad de La Paz

1.1. DATOS CLIMÁTICOS

A continuación, se muestra el análisis de variables meteorológicas como base para la caracterización climática de la región.

■ TEMPERATURA:

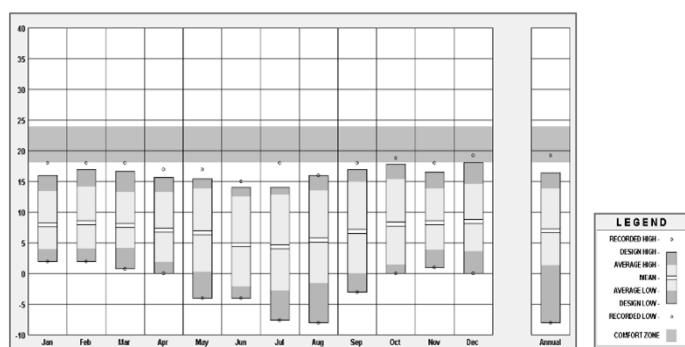


Figura 2: Temperaturas promedio mensuales

Los valores máximos medios no sobrepasan los 16°C registrados durante el mes de octubre, mientras que los registros mínimos alcanzan -3°C durante el mes de julio, evidenciándose que las temperaturas promedio, durante todo el año, se encuentran por debajo del rango de confort (18°C - 24°C), tal como se muestra en la figura 2. Determinando, de esta manera,

que los meses más fríos del año se encuentran en la época invernal. También se puede evidenciar la importante amplitud térmica diaria, principalmente durante los meses de invierno llegando a una diferencia cercana a los 20°C .

■ RADIACIÓN SOLAR:

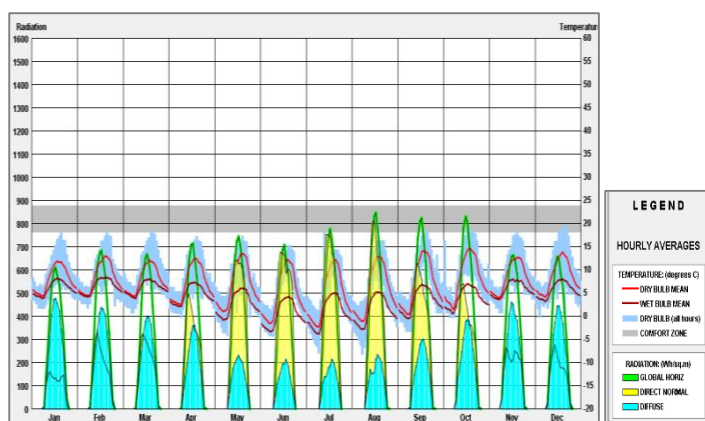


Figura 3: Datos de radiación solar

Se registran los valores en el mes de agosto alcanzando los 850 w/m^2 y con valores mínimos de 600 w/m^2 en enero. Un comportamiento similar presenta la radiación directa, presentando un máximo de 800 w/m^2 en el mes de agosto un mínimo de 250 w/m^2 en enero, por tanto, la época invernal presenta los máximos valores tanto de radiación global y directa. De manera contraria, durante los meses de invierno, se registran

los valores más bajos de radiación difusa con valores cercanos a los 200 w/m^2 , alcanzando unos máximos cercanos a los 500 w/m^2 en el mes de enero.

▪ **NUBOSIDAD:**

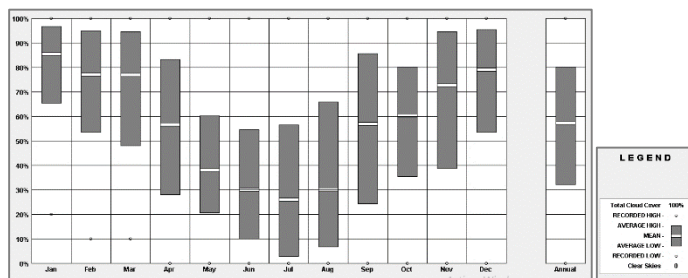


Figura 5: Datos de nubosidad

Los mayores datos promedio de nubosidad se presentan entre los meses de noviembre y marzo, mientras que los valores mínimos se presentan durante los meses de invierno, siendo el mes de julio donde se presentan los menores registros (figura 6).

▪ **HUMEDAD RELATIVA:**

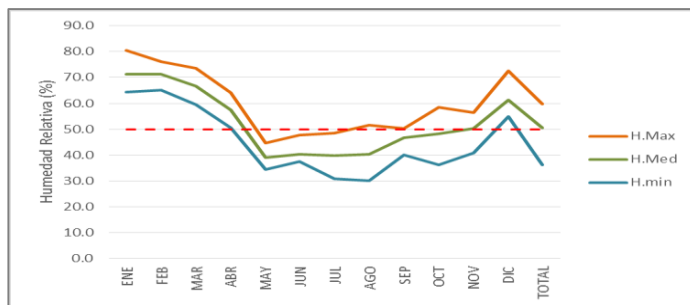


Figura 6: Datos de humedad relativa

El valor máximo promedio se registra en el mes de enero, alcanzando un 80 %. Mientras que en invierno y, de manera particular, en el mes de agosto, se presentan los valores mínimos con un promedio de 30 % de humedad relativa.

▪ **PRECIPITACIONES PLUVIALES:**

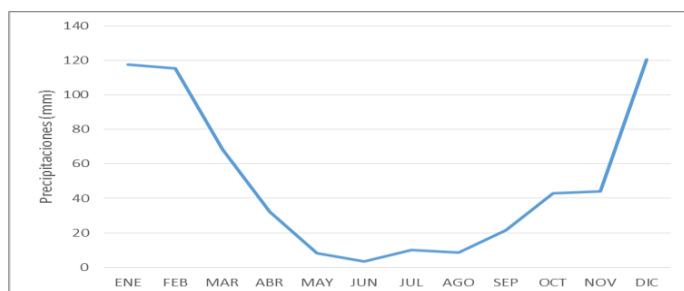


Figura 7: Datos de precipitaciones pluviales

En un año típico, se registran los mayores datos de precipitaciones promedio durante los meses de diciembre y enero, alcanzando los 120 mm. Los valores mínimos se observan durante los meses de invierno, llegando a un mínimo de 5 mm. en el mes de julio.

▪ **VIENTOS PREDOMINANTES:**

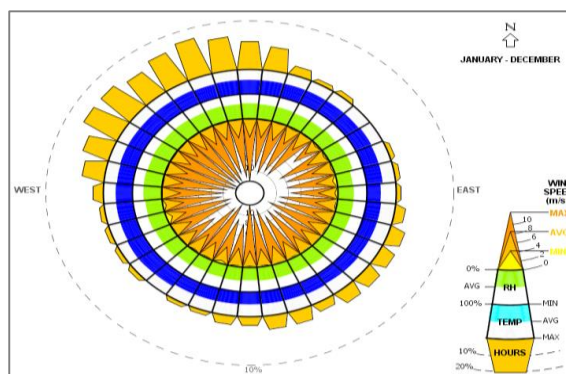


Figura 8: Datos de vientos predominantes

Se puede observar en el gráfico de vientos (figura 9) que los vientos predominantes durante un año típico tienen una dirección NE-SO con una velocidad máxima que supera los 20 m/s.

2. VIVIENDAS ANALIZADAS EN LA CIUDAD DE LA PAZ

Las viviendas seleccionadas para el estudio corresponden a dos departamentos ubicados en un condominio multifamiliar por lo que tienen similares características funcionales y de superficie, pero de distinta orientación, lo cual puede ser determinante para analizar las condiciones ambientales. Uno de los departamentos tiene una orientación preponderantemente hacia N – O, mientras que el otro tiene una orientación S – E. Se seleccionaron ambas viviendas con el objetivo de realizar un análisis comparativo. A continuación, se describen las características principales de las viviendas:

UBICACIÓN: Av. Alexander No. 100, Achumani, La Paz.

TIPOLOGÍA: Departamento

ÁREA TECHADA: 169 m²

No. DE OCUPANTES: 4 personas (ambas viviendas)



Figura 9: Ubicación: viviendas 1 y 2

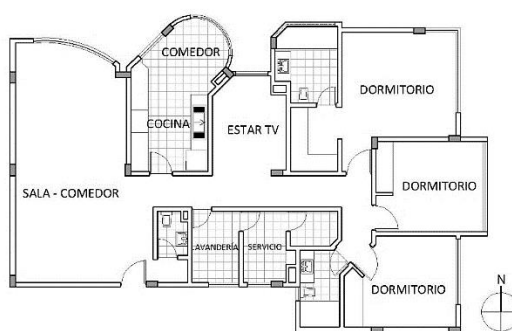


Figura 10: Planta arquitectónica. Viviendas 1 y 2

3. COMPOSICIÓN DEL GRUPO FAMILIAR

A continuación se describe la composición del grupo familiar por género y edad:

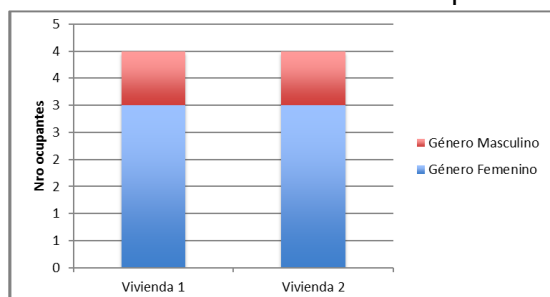


Figura 10: Composición familiar por género

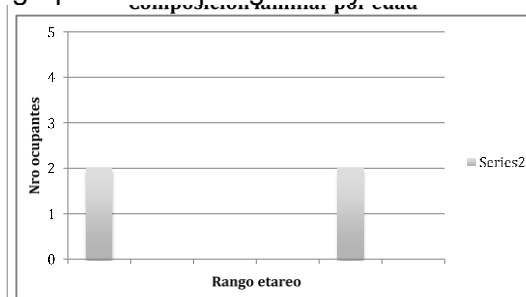


Figura 11: Composición familiar por edad

4. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS

A continuación se muestra el análisis energético realizado en las dos viviendas en estudio:

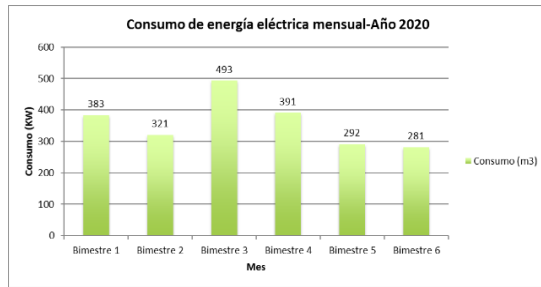


Figura 12: Consumo anual de electricidad, Vivienda 1

Tabla 1: Consumo anual de electricidad, Vivienda 1

Categoría de consumo	Consumo (KW)	Costo (\$us)
Por m2 de superficie cubierta	12.79	1.56
Por ocupante	540.25	65.98

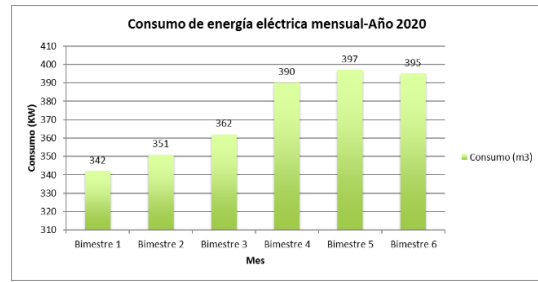


Figura 13: Consumo anual de electricidad, Vivienda 2

Tabla 2: Consumo anual de electricidad, Vivienda 2

Categoría de consumo	Consumo (KW)	Costo (\$us)
Por m2 de superficie cubierta	13.24	1.77
Por ocupante	559.25	74.98

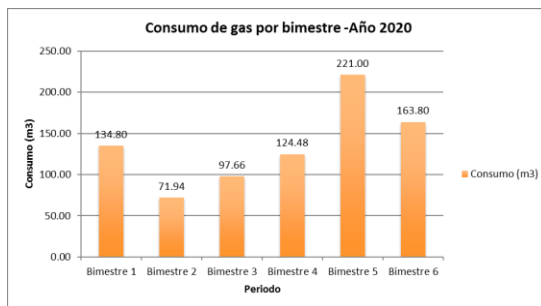


Figura 14: Consumo anual de gas, Vivienda 1

Tabla 3: Consumo anual de gas, Vivienda 1

Categoría de consumo	Consumo (m3)	Costo (\$us)
Por m2 de superficie cubierta	4.81	0.36
Por ocupante	203.42	15.03

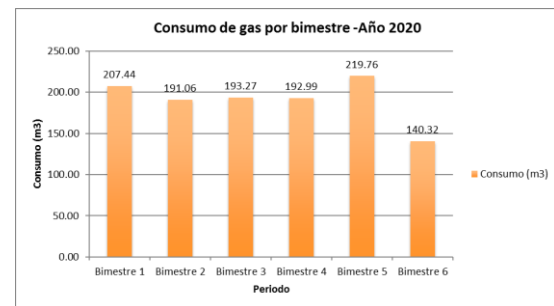


Figura 15: Consumo anual de gas, Vivienda 2

Tabla 4: Consumo anual de gas, Vivienda 2

Categoría de consumo	Consumo (m3)	Costo (\$us)
Por m2 de superficie cubierta	6.77	0.47
Por ocupante	286.21	19.97

5. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS

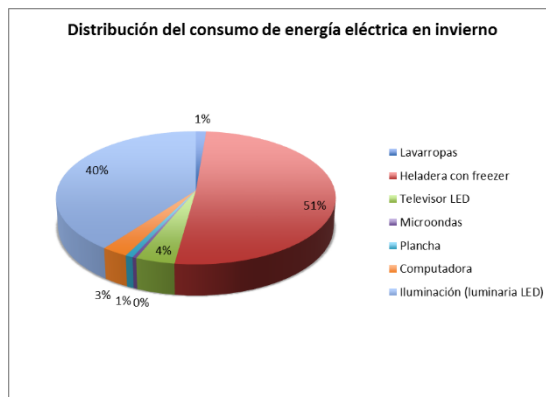


Figura 16: Distribución del consumo eléctrico en invierno, Vivienda 1

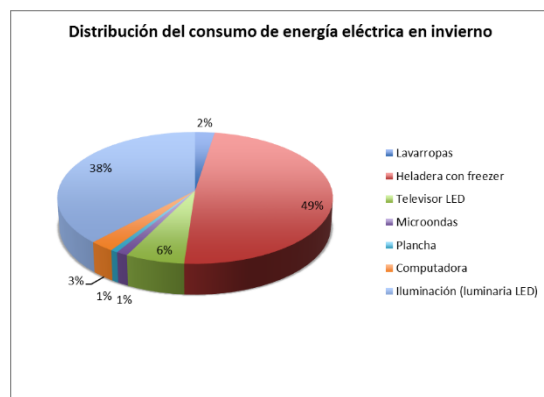


Figura 17: Distribución del consumo eléctrico en invierno, Vivienda 2

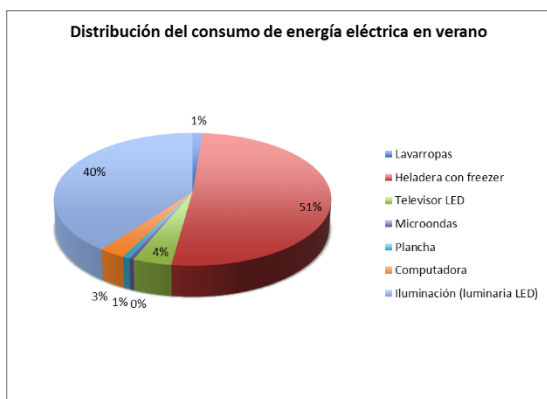


Figura 18: Distribución del consumo eléctrico en verano, Vivienda 1

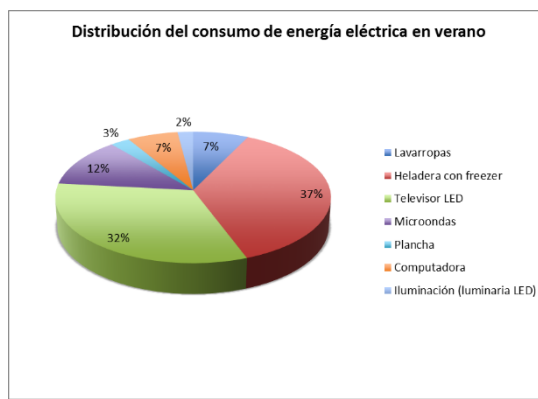


Figura 19: Distribución del consumo eléctrico en verano, Vivienda 2

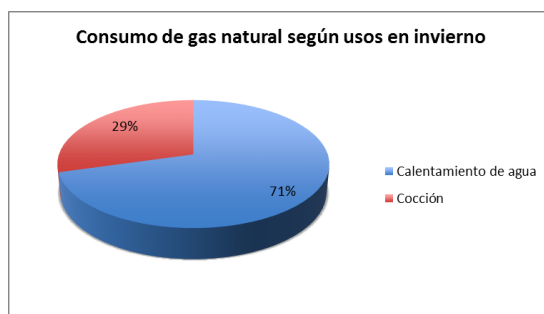


Figura 20: Distribución del consumo de gas en invierno, Vivienda 1

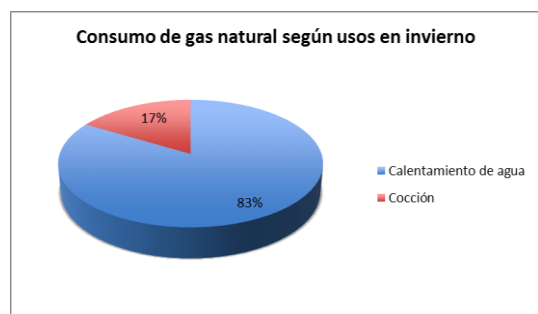


Figura 21: Distribución del consumo de gas en invierno, Vivienda 2

6. CONCLUSIONES RESPECTO AL CONSUMO ENERGÉTICO

A partir de los datos obtenidos y, según lo que se puede observar en las figuras 22 y 23, se puede mencionar que la vivienda 2 consume más electricidad y gas respecto a la vivienda 1, principalmente, para el uso de electrodomésticos como la heladera y el televisor, en el caso de la energía eléctrica. En cuanto al gas, el consumo está dirigido a la generación de agua caliente sanitaria y cocción de alimentos.

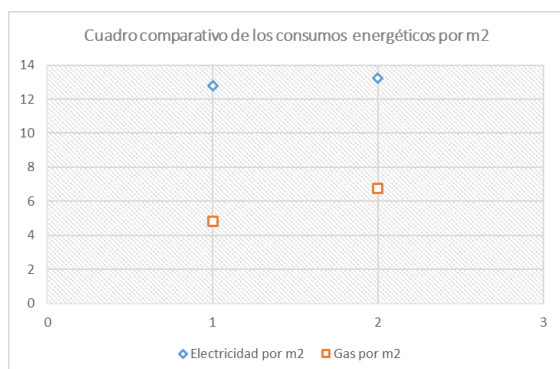


Figura 22: Consumo energético comparativo por m2

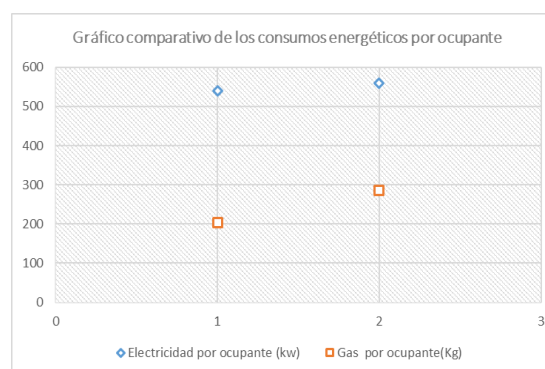


Figura 23: Consumo energético comparativo por ocupante

7. AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA, VIVIENDA 1

7.1. INSTRUMENTAL UTILIZADO

Las mediciones térmicas fueron realizadas en la vivienda 1, durante el mes de septiembre en un periodo de siete días continuos en tres horarios distintos (9:00, 13:00 y 16:00), para lo cual se utilizaron termómetros digitales con sensores interior y exterior para registro de temperaturas máximas y mínimas, ubicados en la sala – comedor (orientación norte), dormitorio 1 (orientación norte) y en el dormitorio 3 (orientación este). Para la elaboración de los Diagramas Psicrométricos se utilizó la hoja de cálculo Psiconf (Czajkowski, 2006).



Figura 24: Termómetros utilizados

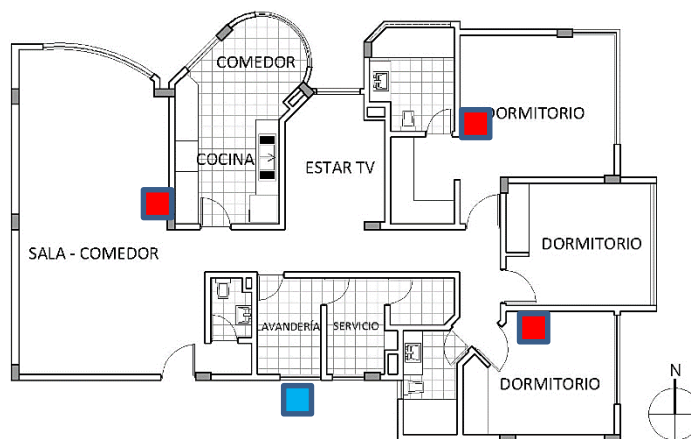


Figura 25: Ubicación de los termómetros



Termómetro interior
Sensor exterior

7.2. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE TEMPERATURA

Las temperaturas máximas interiores y exteriores correspondientes a los horarios de mediodía y de la tarde, se encuentran dentro del rango de confort térmico mientras que las temperaturas mínimas registradas correspondientes a las 9:00 am, se encuentran por debajo del rango de confort. Se destaca que las variaciones de temperatura interior entre máximas y mínimas, se corresponden con las temperaturas exteriores registradas indicando el importante flujo térmico entre el interior y el exterior de la vivienda debido a la falta de un material de aislamiento térmico

Se observa también que las habitaciones que están orientadas hacia el norte (dormitorio 1 y sala) tienen un mejor desempeño térmico y se acercan más al rango de confort de referencia, en comparación al dormitorio 3 que está orientado hacia el este que registra mayores valores de temperatura en la mañana, pero luego se puede observar que las temperaturas en este ambiente son inferiores a las registradas en los otros.

Se destaca la importante variación de temperaturas registradas, tanto interiores como exteriores, en los distintos horarios de medición. Durante la mañana se registran los valores más bajos, mientras que en la mediodía y en la tarde se produce un incremento en la temperatura, pero luego durante la noche y según datos del SENAMHI, se llegan registrar valores de 5.2°C. lo que muestra una importante amplitud térmica diaria.

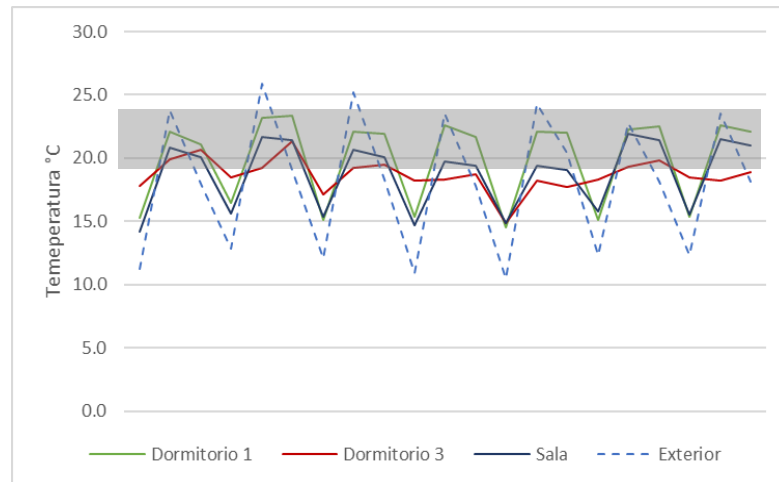


Figura 26: Valores de temperatura medidos en la vivienda

En el Diagrama Psicrométrico se observa que, en todos los espacios interiores auditados, las temperaturas se encuentran dentro de la zona de confort térmico, pero también se requiere la incorporación de sistemas solares pasivos para calefacción en los momentos en que las temperaturas son más bajas.

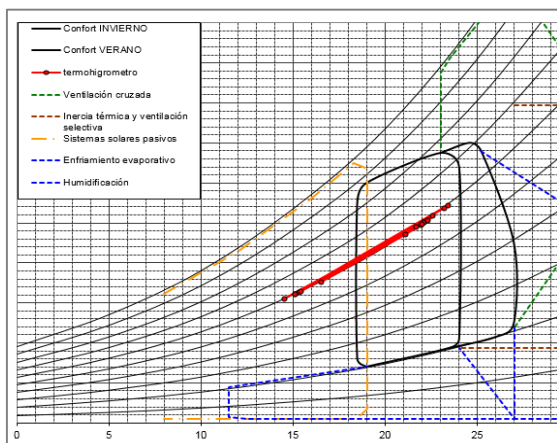


Figura 27: Diagrama Psicrométrico, Dormitorio 1

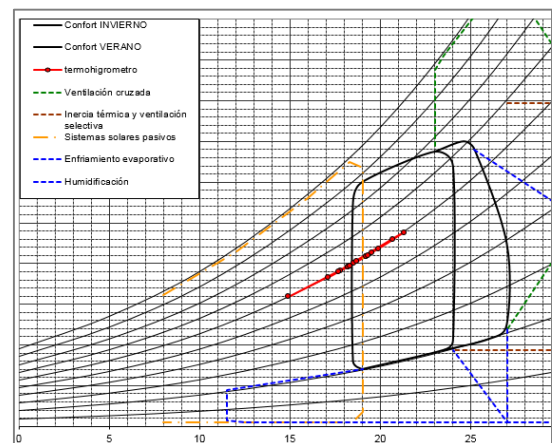


Figura 28: Diagrama Psicrométrico, Dormitorio 3

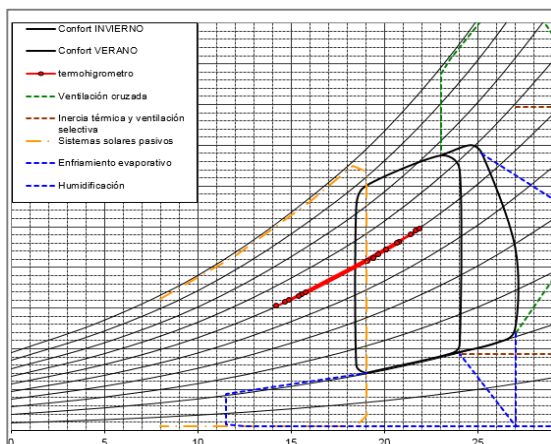


Figura 29: Diagrama Psicrométrico, Sala – estar

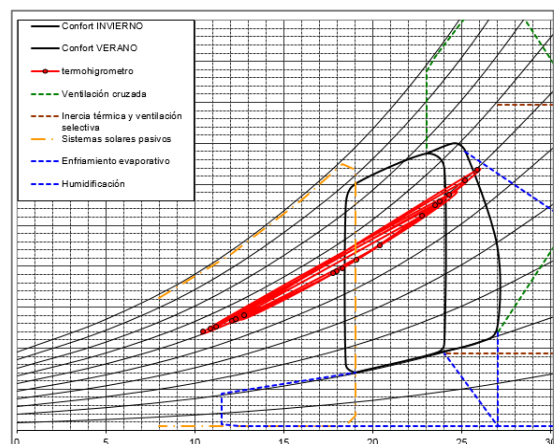


Figura 30: Diagrama Psicrométrico, Exterior

8. CONCLUSIONES.

El análisis realizado permite obtener algunas conclusiones iniciales. La vivienda analizada, debido a las condiciones climáticas en la que se encuentra, tiene requerimiento de mejora respecto al control higrotérmico para la mejora de la adecuación ambiental.

- Se considera fundamental realizar evaluaciones de viviendas en la ciudad de La Paz y de la vivienda en estudio, en particular, durante otras épocas del año más críticas (invierno), para conocer su desempeño higrotérmico y el grado de adaptación climática.
- Necesidad de incorporar sistemas pasivos de ganancia térmica orientados a favorecer la captación de energía solar, conservar calor y minimizar las pérdidas térmicas en el interior de las edificaciones, con el fin de optimizar el uso de energía y coadyuvar a mejorar las condiciones mínimas de habitabilidad en las viviendas.
- Se observa la necesidad de incorporar sistemas sustentables alternativos al gas para la generación de agua caliente.
- Es importante profundizar en el estudio de los cerramientos de la vivienda para conocer el desempeño energético.
- Se hace necesario profundizar en el estudio de la eficiencia térmica y auditorías energéticas en viviendas de la región.

B. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE LIMA

1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO-UBICACIÓN



La ciudad de Lima se encuentra situada en Perú, en la costa central del país a orillas del Océano Pacífico, conformando una extensa y populosa área urbana conocida como Lima Metropolitana, flanqueada por el desierto costero y extendida sobre los valles de los ríos Chillón, Rímac y Lurín.

Figura 1. Ubicación de la Ciudad de Lima, Perú.

Adaptado de: [https://ay.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_-_Lima_Department_\(locator_map\).svg](https://ay.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_-_Lima_Department_(locator_map).svg)

1.1. DATOS CLIMATICOS

1.1. TEMPERATURA

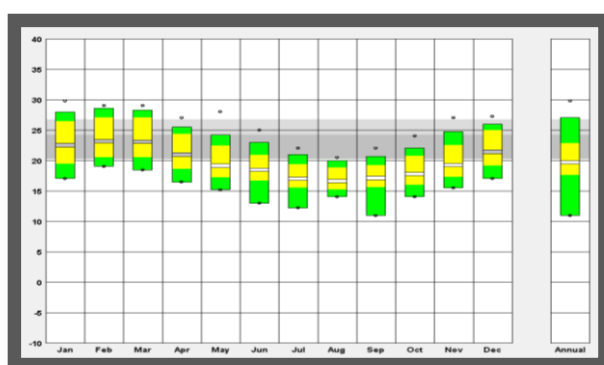


Figura2 . Cuadro de temperaturas promedio mensuales y temperatura promedio anual, Lima, Perú. Adaptado del programa Climate Consultant.

1.2. RADIACION

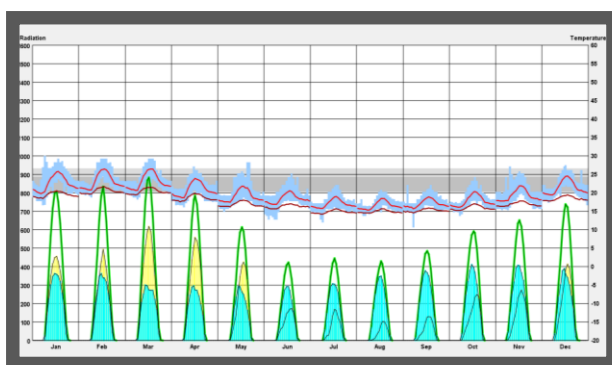


Figura3 . Cuadro de temperaturas promedio mensuales y temperatura promedio anual, Lima, Perú adaptado de: Programa Climate Consultant.

El cuadro de rango de temperaturas nos indica que hay dos estaciones marcadas: **invierno** en los meses fríos que son de Mayo a Noviembre donde la temperatura media mensual se sale de la zona de confort y **verano** en los meses calientes que van de Diciembre a Abril y las temperaturas están dentro de la zona de Confort. La temperatura media anual es de 19 °C. La amplitud térmica en estas dos estaciones marcadas es moderada, habiendo diferencias de temperaturas mínima y máxima promedio de 6°C y 3°C en el mes más cálido y más frío respectivamente. Teniendo una amplitud térmica anual de 5°C.

La figura 2 nos muestra radiación solar alta la mayor parte del año, moderándose de Junio a Setiembre. La radiación no tiene grandes variaciones en cada una de las estaciones, presenta una radiación muy pareja. Entre los meses de Diciembre a Abril varía de 400 a 500 W/m2xh y entre los meses de Mayo a Noviembre es de 250 a 350 W/m2xh.

1.3 HUMEDAD

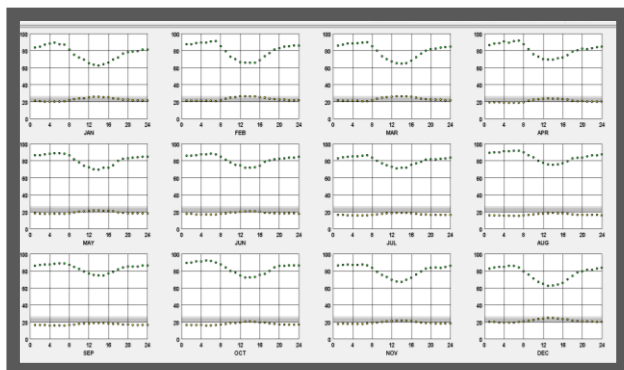
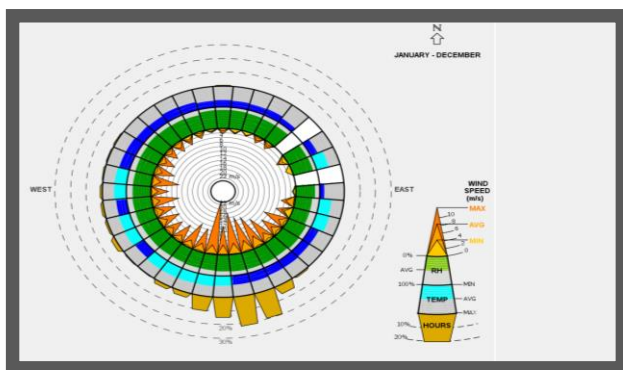


Figura 4 . Cuadro de temperatura bulbo seco vs. humedad

relativa en la ciudad de Lima mes a mes, adaptado de: Programa Climate Consultant..

Mientras las temperaturas se mantienen durante todo el año muy cerca a la zona de confort, la humedad es muy alta en todos los meses de año entre el 80% y 90%, lejos de la zona de confort. Presentándose la humedad más alta en las primeras horas de la mañana: 5am-6am. Esta alta humedad presentada durante todos los meses del año hace que la sensación tanto de calor en verano como de frío en invierno se intensifique.

1.3. VIENTO



La dirección predominante del viento es Sur, contando con los vientos de mayor velocidad en ésta dirección, llegando hasta 22m/s

Figura 5. Rosa de vientos de la ciudad de Lima, Perú.

.Adaptado del programa Climate Consultant.

2. VIVIENDAS ANALIZADAS EN LA CIUDAD DE LIMA

A continuación describiremos 3 viviendas localizadas en distintos distritos de la ciudad de Lima. Las viviendas fueron escogidas en base a sus diferentes emplazamientos y en base a la diversidad en cuanto al tipo de familia que ocupan las viviendas.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS

VIVIENDA1

UBICACIÓN: Av. Paso De los Andes 382 Dpto. 502, Pueblo Libre, Lima.

TIPOLOGIA: Departamento en edificio multifamiliar (5to piso).

AREA TECHADA: 111.00 m²

NRO DE OCUPANTES: 5

ORIENTACION E IMPLANTACION



Figura 6. Ubicación de edificio multifamiliar.
Av Paso de los Andes 382, Pueblo Libre, Lima.
Adaptado de : Google Earth

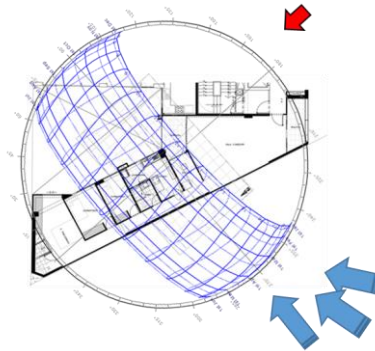


Figura 7. Dpto 502. Av. Paso de los Andes 382, Pueblo Libre, Lima. Planta, dirección de viento y diagrama solar

VIVIENDA 2

UBICACIÓN: Ca. La Avellana 159. Dpto.301, Surquillo, Lima.
TIPOLOGIA: Departamento en edificio multifamiliar (3er piso).
AREA TECHADA: 92.00 m²
NRO DE OCUPANTES: 2

ORIENTACION E IMPLANTACION

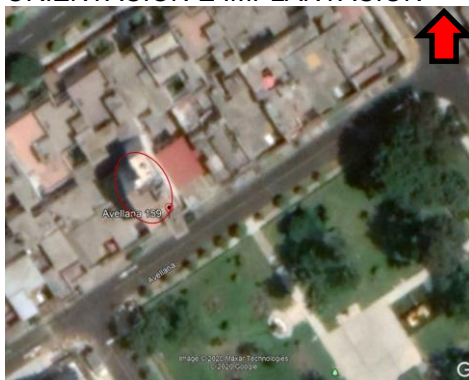


Figura 8. Ubicación de edificio multifamiliar.
Calle La Avellana 159, Surquillo, Lima.
Adaptado de : Google Earth

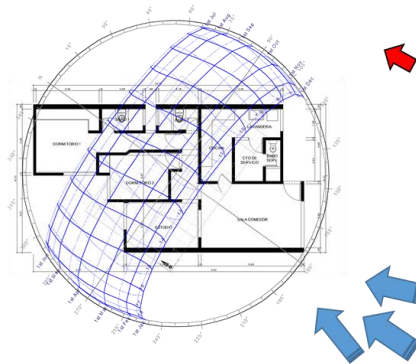


Figura 9. . Dpto 301. Calle La avellana 159. Urb. Los Sauces, Surquillo, Lima. Planta, dirección de viento y diagrama solar

VIVIENDA 3

UBICACIÓN: Calle Ernesto Diez Canseco 533, Dpto. 1103, Torre A. Miraflores.
TIPOLOGIA: Departamento en edificio multifamiliar (piso 11).
AREA TECHADA: 100.00 m²
NRO DE OCUPANTES: 3

ORIENTACION E IMPLANTACION



Figura 10. Ubicación de edificio multifamiliar. Calle Diez Canseco 533, Miraflores, Lima. Adaptado de : Google Earth

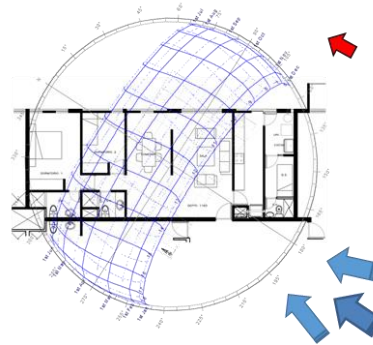


Figura 11.. Dpto 1103 de la Torre A. Calle Diez Canseco 533, Miraflores, Lima.Planta, direccipon de viento y diagrama solar. Elaboración de los autores.

3. COMPOSICION DE GRUPO FAMILIAR EN LAS VIVIENDAS DE LIMA

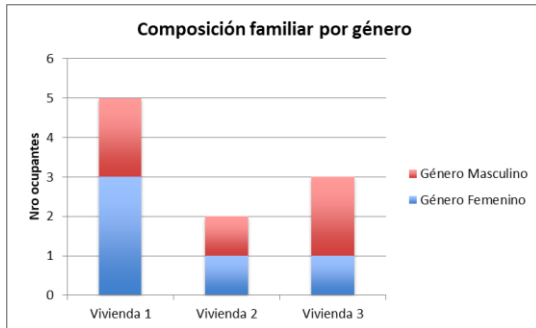


Figura 12. Composición familiar por género. Número de ocupantes por viviendas. Vivienda 1: Distrito de Pueblo Libre, vivienda 2: Distrito de Surquillo, vivienda 3: Distrito de Miraflores.

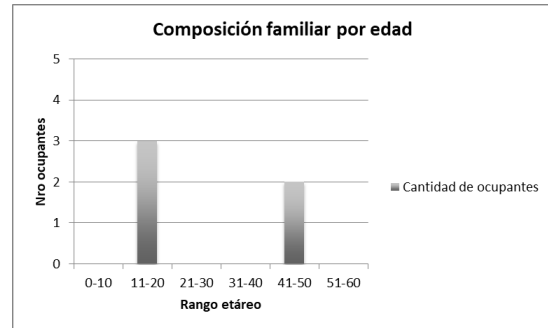


Figura 13. Número de ocupantes por rango etáreo. .Tres ocupantes en los rangos de 11 a 20 años y 2 ocupantes en el rango de 41 a 50 años. Vivienda 1: Distrito de Pueblo Libre.

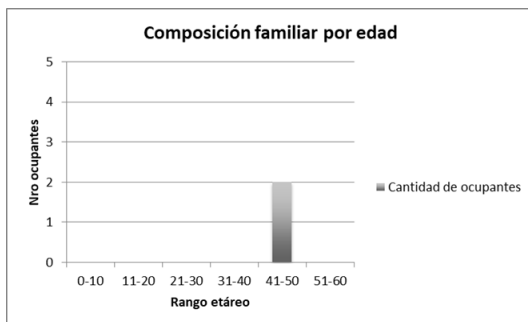


Figura 14. Número de ocupantes por rango etáreo. . Dos ocupantes en el rango de 41 a 50 años.

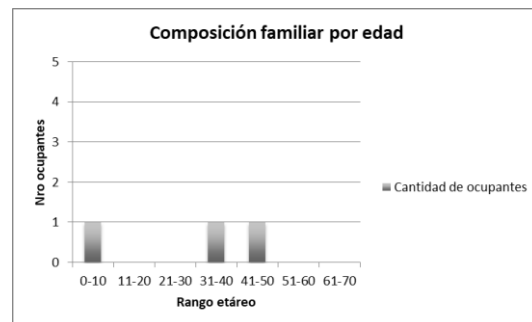


Figura 15. Número de ocupantes por rango etáreo. . Un ocupante en rango de 0 a 10 años, un ocupante en rango de 31 a 40 años y un ocupante en ranqo de 41 a 50 años

4. CONSUMO ENERGIA ELECTRICA Y GAS DE VIVIENDAS EN LIMA

4.1. VIVIENDA 1- PUEBLO LIBRE

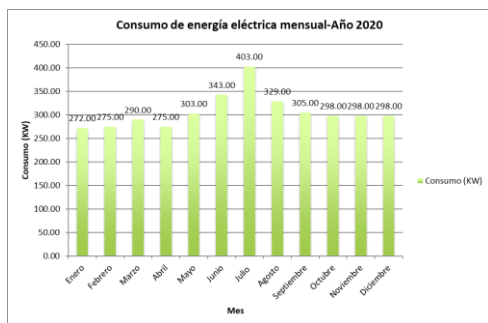


Figura 16. Consumo de energía eléctrica por mes durante el año 2020. Vivienda 1, Pueblo Libre. Se nota un incremento de consumo de energía teniendo su pico más elevado en el mes de Julio, luego decrece y se estabiliza en los meses de Octubre y Noviembre

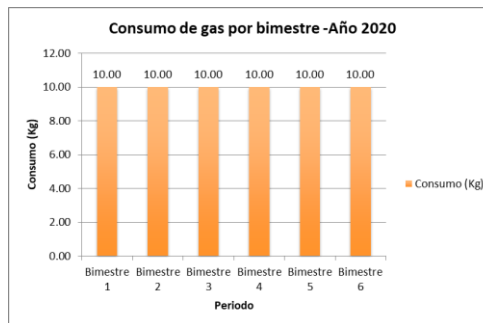


Figura 17. Consumo de gas licuado envasado por bimestre durante el año 2020. Vivienda 1, Pueblo Libre. El diagrama muestra un consumo constante en todos los bimestres de año.

Tabla1. Consumos de energía anual por m2 y por ocupante Vivienda 1

consumo anual de gas por:	Consumo (Kg)	Costo (\$)
M2 de superficie cubierta	0.54	0.54
Ocupante	12.00	12.00
Consumo anual de energía eléctrica por:	Consumo (KW)	Costo (\$)
M2 de superficie cubierta	33.23	5.32
Ocupante	737.80	118.05

Nota: *Precio dólar : 3.60 soles

4.2 VIVIENDA 2- SURQUILLO

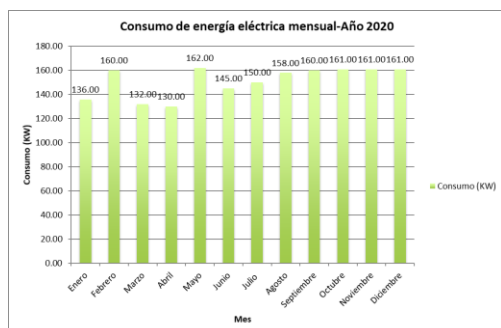


Figura 18 : Consumo de energía eléctrica por mes durante el año 2020. Vivienda 2, Surquillo. Se nota un consumo desigual en los primeros meses del año pero que luego empieza a incrementarse hacia el mes de Setiembre llegando a ser más estable hasta el

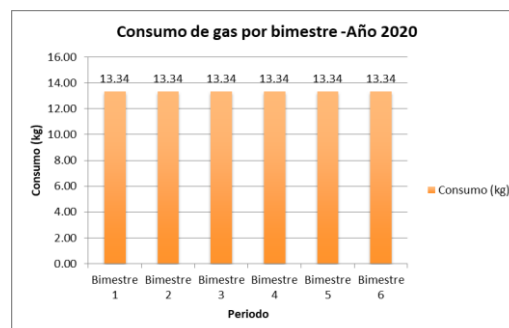


Figura 19. Consumo de gas licuado envasado por bimestre durante el año 2020. Vivienda 2. El diagrama muestra un consumo constante en todos los bimestres de año

Tabla2. Consumos de energía anual por m2 y por ocupante Vivienda 2

Consumo anual de gas por:	Consumo (Kg)	Costo (\$)
M2 de superficie cubierta	0.87	1.01
Ocupante	40.02	46.68
Consumo anual de energía eléctrica por:	Consumo (KW)	Costo (\$)
M2 de superficie cubierta	19.74	2.96
Ocupante	908.00	136.20

Nota: *Precio dólar : 3.60 soles

4.2. VIVIENDA 3 – MIRAFLORES

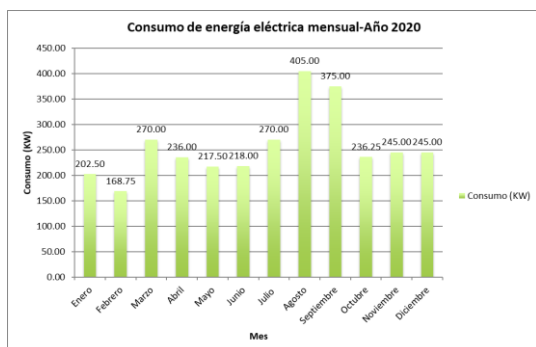


Figura 19. Consumo de energía eléctrica por mes durante el año 2020. Vivienda 3. Miraflores. Se nota un consumo desigual en los primera mitad del año, teniendo un pico en el mes de Agosto que descendiendo en Setiembre y baja en el mes Octubre. Elaboración de los autores.

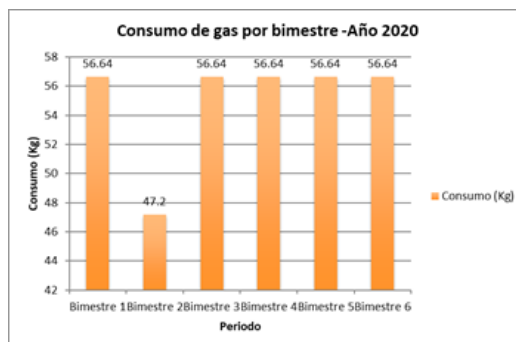


Figura 20. Consumo de gas licuado envasado por bimestre durante el año 2020. Vivienda 3. Miraflores. El diagrama muestra un consumo constante excepto en el el bimestre correspondiente a Marzo-Abril, donde se muestra una baja de consumo. Elaboración

Tabla3. Consumos de energía anual por m2 y por ocupante Vivienda 3

Categoría de consumo anual de Gas	Consumo (Kg)	Costo (\$)
Por m2 de superficie cubierta	2.75	3.03
Por ocupante	110.13	121.35
Categoría de consumo Anual de energía eléctrica	Consumo (KW)	Costo (\$)
Por m2 de superficie cubierta	30.89	4.63
Por ocupante	1029.67	154.45

Nota.*Precio dólar : 3.60 soles

5. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS DE VIVIENDAS EN LIMA

5.1 VIVIENDA 1- Pueblo Libre

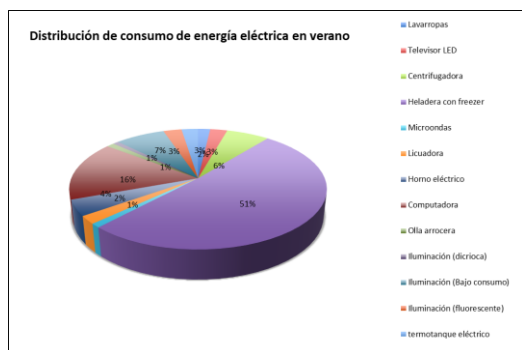


Figura 21. Distribución del consumo de energía eléctrica en el periodo de verano según tipo de artefacto

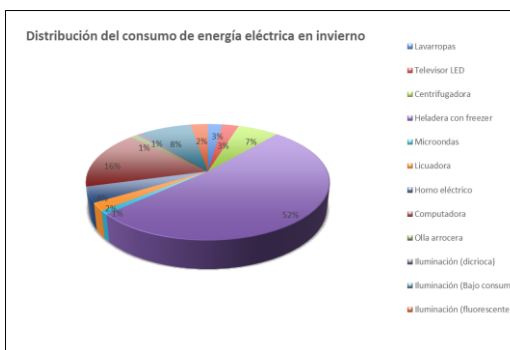


Figura 22. Distribución del consumo de energía eléctrica en el periodo de invierno según tipo de artefacto



Figura 23. Distribución del consumo de gas envasado en el periodo de invierno según usos.



Figura 24. Distribución del consumo de gas envasado en el periodo de verano según usos.

5.2 VIVIENDA 2- Surquillo

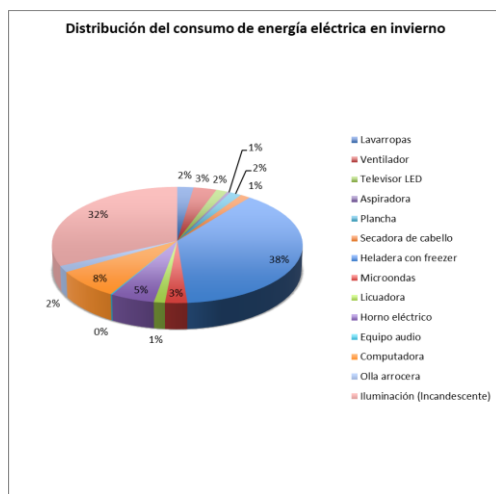


Figura 25. Distribución de energía eléctrica en invierno en Vivienda 2. Surquillo. Elaboración de los autores.

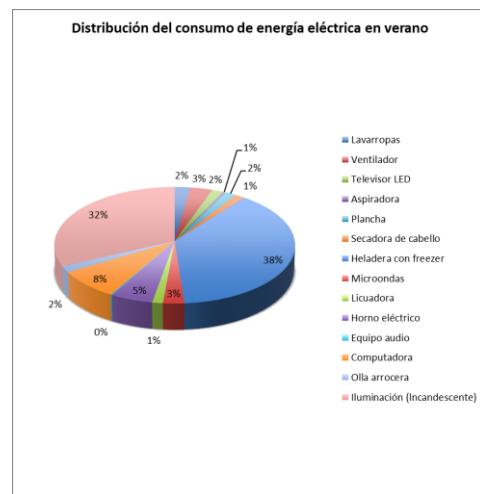


Figura 26. Distribución de consumo de energía eléctrica en verano en vivienda 2, Surquillo. Elaboración de los autores.



Figura 27. Consumos de gas envasado en verano en vivienda 2, Surquillo. Elaboración de los autores.

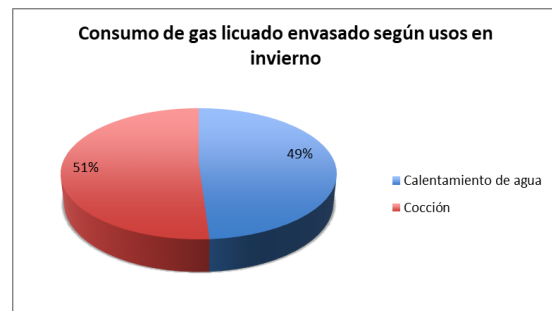


Figura 28. Consumos de energía eléctrica en verano en vivienda 2, Surquillo. Elaboración de los autores.

5.2 VIVIENDA 3 – Miraflores

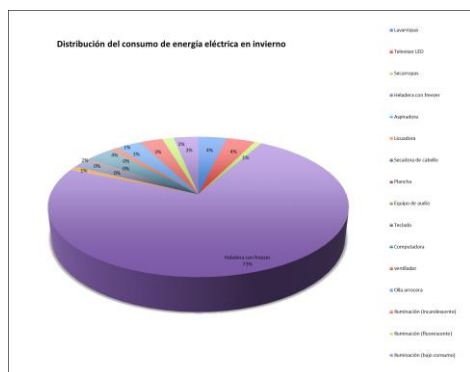


Figura29 . Distribución de consumo energía eléctrica en invierno según tipo de artefacto. Vivienda 3. Miraflores. Elaboración de los autores.

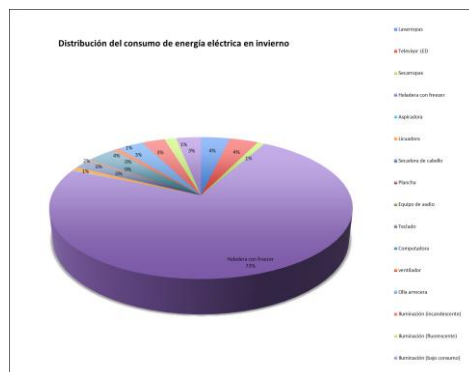


Figura 30. Distribución del consumo de energía eléctrica en el periodo de verano según tipo de artefacto. Vivienda 3. Miraflores

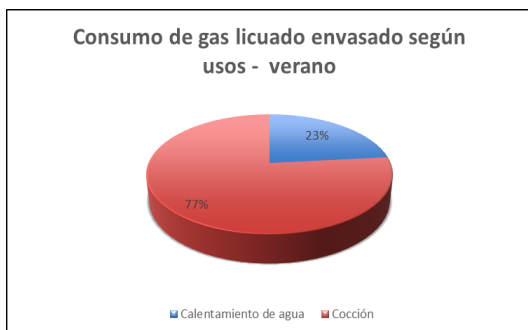


Figura 31. Distribución del consumo de energía eléctrica en el periodo de verano según tipo de artefacto.. Vivienda 3. Miraflores



Figura 32. Distribución del consumo de energía eléctrica en el periodo de invierno según tipo de artefacto.. Vivienda 3. Miraflores

En base a los datos analizados y a las encuestas y facturas recibidas de los propietarios hacemos una comparación entre los gastos energéticos de las 3 viviendas encuestadas.

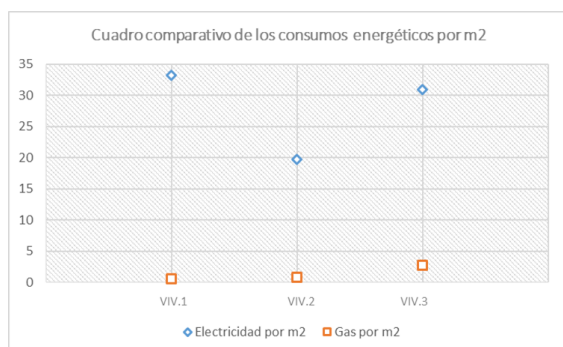


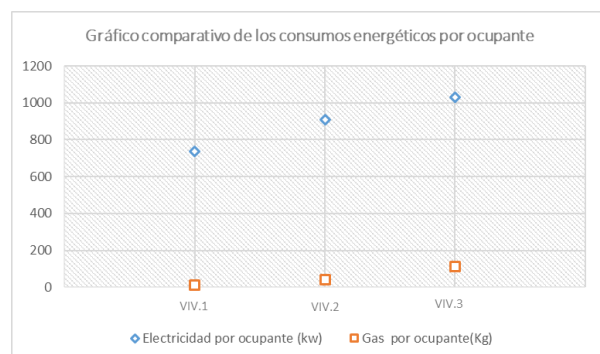
Tabla 4. Consumos energéticos anuales por m2.

Podemos notar según la información representada en la Tabla 4 que la vivienda que mayor consumo presenta por m2 en electricidad es la vivienda 1. Esta vivienda cuenta con 5 ocupantes (2 trabajan y 3 estudian) y en el año 2020 en que fueron encuestados todos los integrantes se encontraban haciendo sus actividades tanto de trabajo como de estudio, desde casa.

Además notamos que a diferencia de las otras dos viviendas en el caso de la vivienda 1 , esta utiliza energía eléctrica para el calentamiento del agua, en cambio las otras dos viviendas usan gas para el calentamiento del agua. En esta vivienda el mayor porcentaje de energía eléctrica se da en el uso de computadoras y el 50% en el uso de refrigeradora. La vivienda 1 es la que menos consume electricidad por m2, ya que en esa vivienda hay solo 2 habitantes. En esta vivienda el mayor consumo de electricidad está en el uso de computadoras y refrigeradora en porcentajes similares.

En el caso de la vivienda 3 el mayor consumo en electricidad se da por el uso de la refrigeradora (más del 70%).

Tabla 5. *Consumos energéticos anuales por ocupante.*



En cuanto al consumo de gas por m² es muy similar en las viviendas 1 y 2, debiendo mencionar que el caso de la vivienda 1 el gas se usa únicamente en cocina, mientras que en las viviendas 2 y 3 tiene los usos de calentamiento del agua y cocina. En los tres casos el gas consumido es gas licuado envasado. La vivienda que mayor consumo de gas presenta es la vivienda 3.

En el caso de la vivienda 3 el gas licuado se reparte por medio de tuberías desde los balones de uso común de todo el condominio, mientras que en el caso de las viviendas 1 y 2 el gas es obtenido mediante compra de balones para el uso del propio departamento al que sirven.

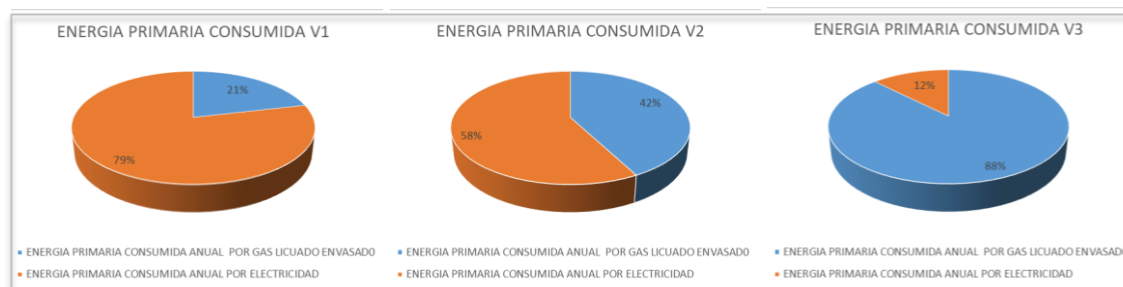


Figura 33. Comparación de energía primaria consumida en las tres viviendas encuestadas

En cuanto al consumo por ocupante (Tabla 5), la vivienda 1 con 5 ocupantes presenta el menor consumo tanto de gas como de electricidad, mientras el mayor consumo por ocupante se da en la vivienda 3, con sólo 3 ocupantes. Notamos que la vivienda 3 cuenta con mayor número de aparatos eléctricos que la 1 y la 2.

Vemos que en la figura 33 que las viviendas 1 y 2 presentan un mayor consumo de energía primaria por energía eléctrica y un porcentaje menor de consumo de energía primaria para gas licuado envasado. En el caso de la vivienda 1 el mayor consumo de energía eléctrica se da porque a diferencia de las otras dos el calentamiento del agua es a través de termotanque eléctrico. En el caso de la vivienda 3 se consume mucha más energía primaria por gas que por energía eléctrica. El gas en esta vivienda se usa para cocción (cocina y horno) y calentamiento del agua y en mucho mayor porcentaje (77%) su uso es para cocción. En esta vivienda no hacen uso de microondas, en comparación con las otras dos viviendas, tal vez por ello presenta un mayor gasto en gas por cocción.

7. AUDITORÍA ENERGÉTICA A LA VIVIENDA N°2, LIMA.

Se eligió la vivienda n° 2 ubicada en el Distrito de Surquillo, para realizar las mediciones higrotérmicas debido a la disponibilidad de la familia ante la colocación de instrumentos de medición y visitas.

El edificio donde se encuentra el departamento está construido con albañilería tradicional: vigas y columnas de concreto armado, losa aligerada y muros de ladrillo cerámico hueco tarrajado en ambas caras y pintado. Las ventanas son de sistema nova de vidrio de 6mm y perfiles de aluminio.

7.1 FOTOGRAFÍAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA



Fig.26: Planta Depto. 301-segunda planta

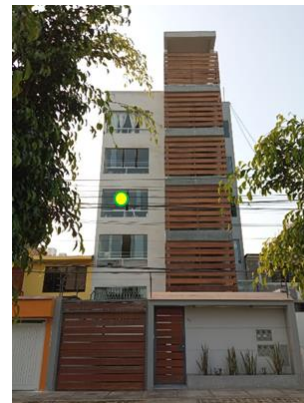


Figura 35. Foto 01. Elevación Principal



Figura 36. Foto 02. Elevación Lateral izquierda



Figura 37. Foto 03. Elevación Lateral derecha



Figura 38. Foto 04. Elevación posterior.

7.2 INSTRUMENTAL UTILIZADO EN EL ESTUDIO DEL CASO

Las características del instrumental empleado está descrito a continuación:

- **Termohigrómetro digital máxima/mínima**
(2 unidades, para espacios : Dormitorio y Cocina lavandería)

HTC-2

Rango de temperatura:

interior y al aire libre -10°C a + 60°C

(Temperatura interior y exterior)

Rango de humedad: 10% ~ 99% RH

Precisión de la humedad: +/- 10% RH

Precisión de la temperatura: +/-1 °C



Figura 39. Termohigrómetros a ser usados para toma de mediciones en dormitorio y cocina-lavandería.

- **USB Datalogger**
(1 unidad para espacio: Sala comedor-estudio)

Marca: ELLITECH

Modelo: Rc-4hc

Rango de medición:

-30°C a + 60°C (Temperatura interior)

-40°C a +85° (Temperatura exterior)

Rango de Humedad: 0%RH a + 99%HR

Precisión de la humedad:

+/- 3% de 20 a 90%HR

Otros: +/- 5% de HR

Precisión de la temperatura:

+/- 0.6° de 30°C a 60°C

Otros: +/- 1.2°C



Fig.40 : Datalogger a ser usado para toma de mediciones en dormitorio y sala-comedor-estudio.

7.3 UBICACIÓN DEL INSTRUMENTAL

Las mediciones se llevaron a cabo en los siguientes espacios:

1. Dormitorio Principal: Termihigrómetro Digital
2. Cocina – Lavandería: Termohigrómetro Digital
3. Sala Comedor- Estudio: Datalogger

Referencias

- ▲ Termohigrómetro digital
- USB Datalogger

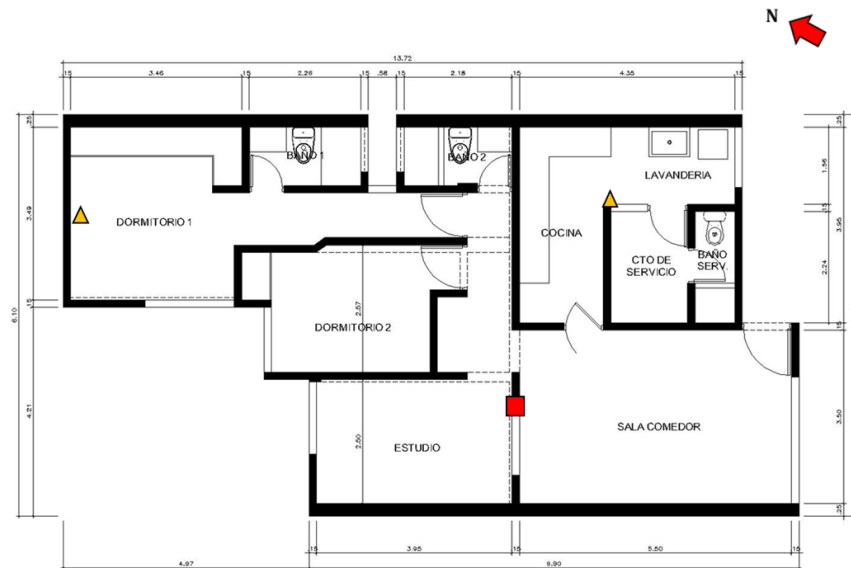


Fig.41: Ubicación del instrumental en Depto. 301, -segunda planta del edificio.



Fig.42: Ubicación de termohigrómetro Fig.33: Ubicación de termohigrómetro en Cocina- Lavandería. en Dormitorio principal.



Fig.43: Ubicación de Datalogger en Sala Comedor- Estudio.

7.4 MEDICIONES Y ANALISIS DE DATOS

Las mediciones fueron realizadas del 16 al 22 de Diciembre del año 2020, en dos momentos del día: a las 5:00hrs y a las 13:00 hrs. Horas de temperatura mínima y máxima respectivamente.

Para la elaboración de los Diagramas Psicrométricos se utilizó la hoja de cálculo Psiconf (Czajkowsky, 2006)

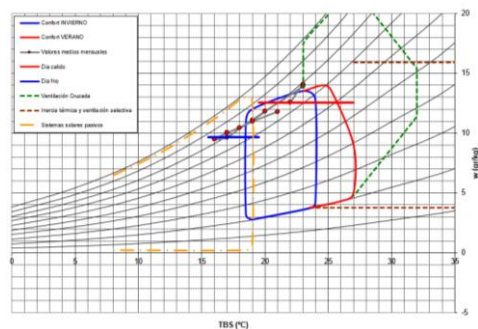


Figura 44. Diagrama de Givoni- Ciudad de Lima

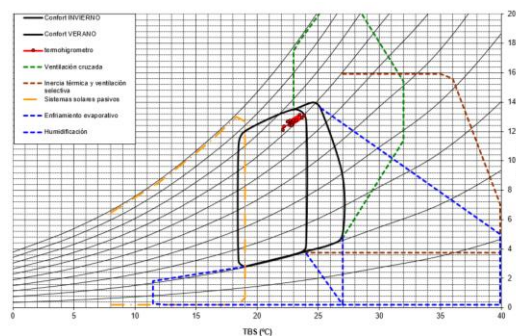


Figura 45. Diagrama Psicrométrico – Sala Comedor-Estudio

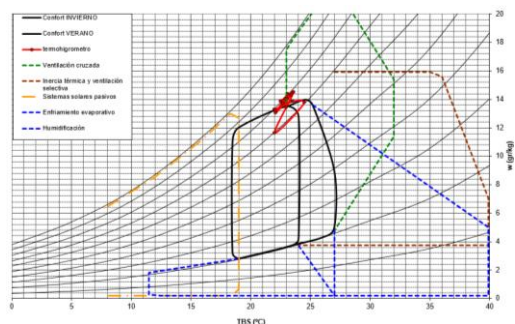


Figura 46. Diagrama Psicrométrico – Cocina Lavandería

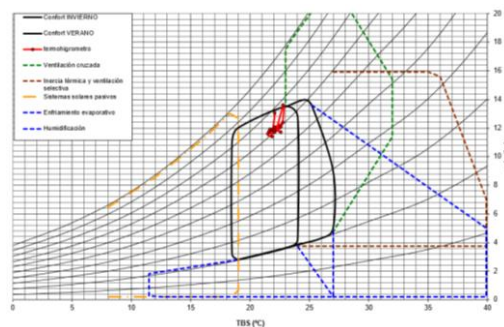


Figura 47. Diagrama Psicrométrico – Dorm. Principal.



Fig.48: Datos Datalogger – Sala Comedor -Estudio

El diagrama (Figura 45) muestra que el espacio de Sala Comedor/ Estudio se encuentra dentro del rango de confort.

En la Figura 46 se muestra que en la cocina la humedad es alta y en determinados momentos sale del rango de confort y en otros es necesario ventilar para disminuir la humedad. Esta habitación solo cuenta con una ventana, sin embargo por su ubicación puede captar los vientos que llegan del Sur y Sur Este, procurando tener la puerta abierta se podría generar una corriente de aire, ya que existen ventanas que abren hacia zonas de menor presión en ambientes cercanos. También se podría hacer uso de deshumedecedores, dependiendo de la cantidad de horas de uso de este lugar.

En el caso del dormitorio principal (Figura 47) el diagrama nos muestra que se encuentra dentro de la zona de confort.

La tabla 6 y la Figura 49 muestran los datos de las diferentes temperaturas en las horas de medición (5:00 y 13:00hrs) y la temperatura al exterior. En cuanto a las temperaturas mínimas: las exteriores son menores que al interior. Al interior la temperatura se presenta sobre los 20 °C en todas las habitaciones auditadas. En cuanto a las temperaturas

máximas: en el exterior son en su mayoría son menores o iguales que las temperaturas interiores. La amplitud térmica al interior en el dormitorio y sala es menor a 1° en su mayoría y en la cocina llega en el caso de mayor amplitud llega a 1.8°C.

En cuanto a la Humedad relativa, tal como vemos en la Tabla 7 y Figura 50, los ambientes que presentan los menores valores de humedad son la sala comedor- estudio y el dormitorio principal con aproximadamente 70% de humedad en promedio.

El espacio de Sala Comedor- Estudio cuenta con ventilación cruzada. En el caso del Dormitorio Principal cuenta con dos ventanas : la de mayor área recibe los vientos del S y SO y la de menor área abre hacia una zona de presión negativa de aire. Además este dormitorio cuenta con baño dentro de la habitación, este baño tiene una ventana alta y en el uso diario la puerta de este baño está abierta excepto en los momentos que está siendo usado, esto también ayuda a generar una ventilación cruzada.

En la Cocina/Lavandería los valores de humedad son más altos que en la Sala Comedor- Estudio y que en el Dormitorio Principal. En la mayoría de días alrededor del 80% de humedad. Este ambiente solo cuenta con una ventana y la forma de este espacio es en "L", estas características además de su uso como lavandería pueden hacer que retenga mayor humedad que los otros dos espacios auditados.

En cuanto a los valores de humedad en el exterior : todas las valores máximos de humedad son iguales o mayores al 85%, llegando hasta 92% en el caso más extremo.

Las humedades mínimas medidas en el exterior en su mayoría no varían mucho respecto a los valores interiores medidos en los espacios auditados.

Tabla 6: Temperaturas por ambiente 5:00 y 13:00 hrs del 16 al 22 de Diciembre 2020.

		16-Dic		17-Dic		18-Dic		19-Dic		20-Dic		21-Dic		22-Dic	
T	DORMITORIO	21.6	21.9	21.5	22.6	22.8	22.1	21.7	21.9	21.8	22	22.8	22.1	22.1	22.6
	COCINA	22	23.5	22.7	24.5	22	23.6	22.9	23.1	22.1	23.4	22.1	23.1	22.5	23
	SALA C. E.	22.1	23.2	22.7	23.9	22.9	23.5	22.7	23	22.7	22.9	22.8	23.7	22.5	23.2
	EXTERIOR	17.3	23.2	18.6	21	19	21.8	18.8	21.9	18.2	22.1	18.4	20.9	18.7	21.7

Tabla 7: Humedades Relativas por ambiente 5:00 y 13:00 hrs del 16 al 22 de Diciembre 2020.

		16-Dic		17-Dic		18-Dic		19-Dic		20-Dic		21-Dic		22-Dic	
H.R.	DORMITORIO	72.5	69	72	70	78	70	73	72	71	72	71	72.1	71	68
	COCINA	80	76	79	71	70	79	80	81	78	79	79	79	81	76
	SALA C. E.	72.5	71.3	72.1	70.1	71.7	72	73.4	72.2	71.7	70.8	71.2	70.1	73.9	71.3
	EXTERIOR	92	68	89	81	87	76	90	74	91	73	88	76	89	73

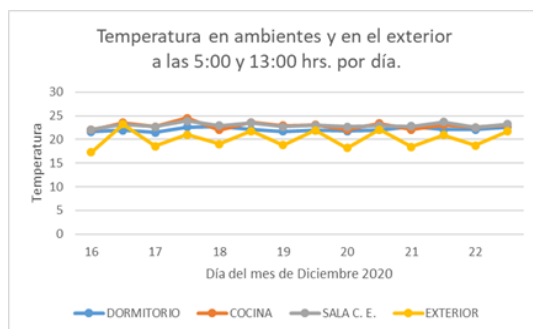


Figura 49. Temperatura en ambientes y en el exterior medidas a las 5:00 y 13hrs del 16 al 22 de diciembre del 2020.

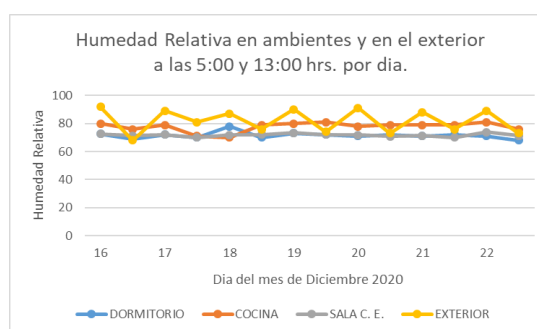


Figura 50. Humedad relativa medida a las 5:00hrs y a las 13hrs en ambientes y en el exterior durante la semana del 16 al 22 de Diciembre del 2020

7.5 CONCLUSIONES

1. Los materiales de la envolvente cumplen con mantener a las viviendas en una temperatura de confort durante los días auditados (16-22 de diciembre del 2020).
2. Es necesario contar con una ventilación cruzada en las habitaciones para evitar una humedad mayor al 70%.
3. En los ambientes de mayor humedad registrada se puede hacer uso de deshumecedores para bajar la humedad, para ello también es posible abrir las puertas de los ambientes que poseen solo una ventana para poder integrar la corriente de aire hacia otras ventanas de otras habitaciones y tener así una ventilación cruzada.
4. En las habitaciones que no cuenten con ventilación cruzada sería recomendable tomar en cuenta aperturas en el diseño de las puertas que permitan el cruce de aire hacia otras habitaciones y así poder contar con una corriente de aire que disminuya la humedad en estas.
5. Es necesaria mayor información a la ciudadanía acerca del etiquetado energético en equipos eléctricos para que le usuario pueda elegir conscientemente aquel que le permita un menor consumo energético.
6. Sería necesario evaluar el comportamiento de las viviendas en momentos críticos del año para poder hacer un análisis más certero del desempeño energético de la vivienda.

C – AUDITORÍAS ENERGÉTICAS DE VIVIENDAS EN RÍO GALLEGOS, ARGENTINA.

1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO –UBICACIÓN

La ciudad de Río Gallegos se encuentra ubicada en la provincia de Santa Cruz, en la margen sur de la desembocadura del Río Gallegos en el Mar Argentino. El río que le da el nombre a la ciudad conforma un estuario que posee márgenes asimétricos. La margen norte es acantilada con paisaje de meseta y la sur es baja, modelada por procesos fluvio-glaciales. La altura promedio sobre el nivel del mar de la ciudad es de 15 m.



Figura 1. Ubicación de la ciudad de Río Gallegos. Adaptado de: https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Gallegos

DATOS CLIMÁTICOS

1.1. TEMPERATURA

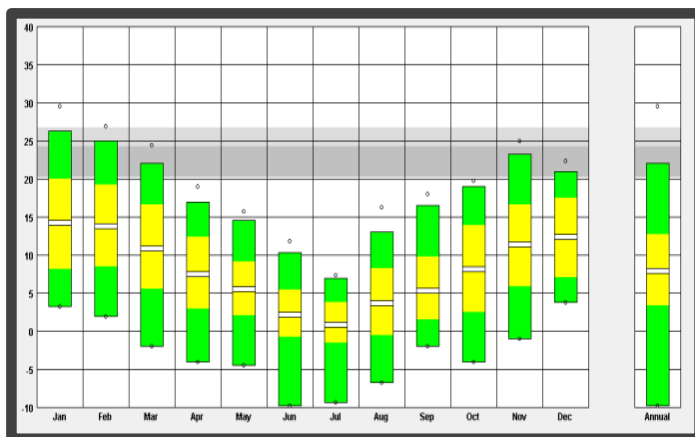


Figura 2. Cuadro de temperaturas promedio mensuales y temperatura promedio anual. Adaptado de: Climate Consultant

Se observa que el mes más cálido del año es el mes de enero, en el mismo se registran las temperaturas máximas que pueden ascender a los 26°C, pero sin embargo la temperatura media no supera los 15°C. El mes más frío es junio en el que se registran temperaturas que alcanzan los -10°C. La temperatura media anual es de 7°C. Además se puede observar que hay ocurrencia de temperaturas bajo cero la mayor parte del año desde marzo a octubre. La ciudad se encuentra en la zona bioambiental VI.

1.2 RADIACIÓN

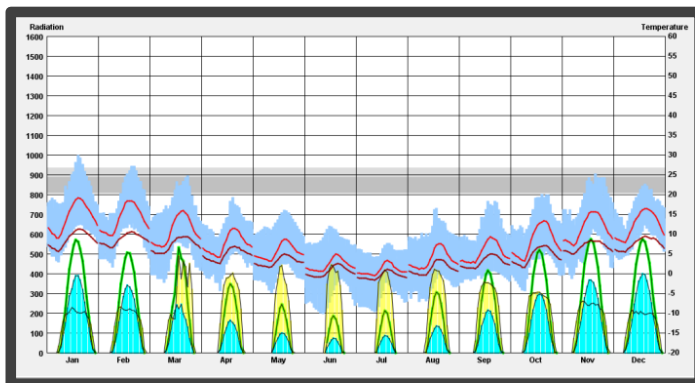


Figura 3. Gráfico de temperaturas y radiaciones mensuales. Adaptado de: Climate Consultant

En el gráfico se puede observar que de noviembre a enero se registran los valores más altos de radiación solar en la ciudad. Sin embargo, se advierte que los meses de primavera y especialmente en el verano la mayor parte de la radiación solar que se percibe es difusa. Asimismo, en los meses de invierno se recibe más radiación directa que difusa.

1.3 HUMEDAD

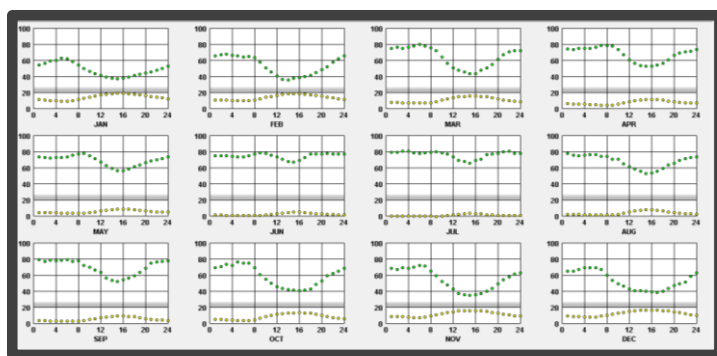


Figura 4. Gráfico de temperaturas de bulbo seco vs humedad relativa. Adaptado de: Climate Consultant

Se observa que en los días típicos de verano la temperatura de bulbo seco no alcanza la franja temperatura de confort. Los valores de humedad relativa son menores en los meses de noviembre, diciembre enero y febrero los cuales llegan a estar por debajo de 40% de humedad relativa. Estos meses de baja humedad relativa coinciden con los meses más ventosos del año.

En el invierno se registran los índices de humedad relativa más altos llegando a superar en un día típico de julio el 80%. En términos generales se puede decir que en el verano las curvas de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa tienden a acercarse (a mayor temperatura, menor humedad). Lo contrario ocurre en el invierno (a menor temperatura, mayor humedad relativa).

1.4 VIENTO

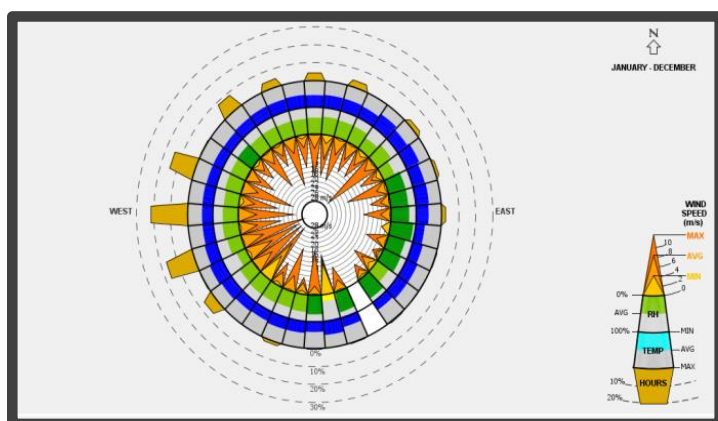


Figura 5. Rueda de viento. Adaptado de: Climate Consultant

Una de las consecuencias de la latitud a la que se encuentra Río Gallegos, es que la presión atmosférica presenta valores de una gran amplitud estacional con registros absolutos en invierno muy altos de 1044.0 hPa (junio 1973) y en verano muy bajos de 956.0 hPa (marzo 1990); según el SMN, el promedio anual es de 1001.6 hPa (1941-2010). Esta situación atmosférica determina regímenes de vientos que identifican a la Patagonia austral, por su frecuencia e intensidad.

Predominan desde la dirección OSO y el O. Estacionalmente, la dirección O prevalece en otoño e invierno y los del OSO en verano; en primavera tiende ambas a equilibrarse. Las velocidades varían estacionalmente, en invierno (mayo a julio) el promedio es por debajo de los 19 km/h, mientras que en primavera-verano es por encima de los 26 km/h. Anualmente, las intensidades varían entre 37 y 54 km/h.

2. VIVIENDAS ANALIZADAS EN RÍO GALLEGOS

A continuación, se describen tres viviendas unifamiliares las cuales fueron seleccionadas por la diversidad en cuanto al tipo de familia que integran sus ocupantes.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS

VIVIENDA 1

UBICACIÓN: José Pionero Gonzalez 288, Río gallegos.

TIPOLOGÍA: Vivienda unifamiliar

ÁREA CUBIERTA: 125 m²

NRO DE OCUPANTES: 3

ORIENTACIÓN E IMPLANTACIÓN



Figura 6. Ubicación de la vivienda 1
Adaptado de: Google Earth.

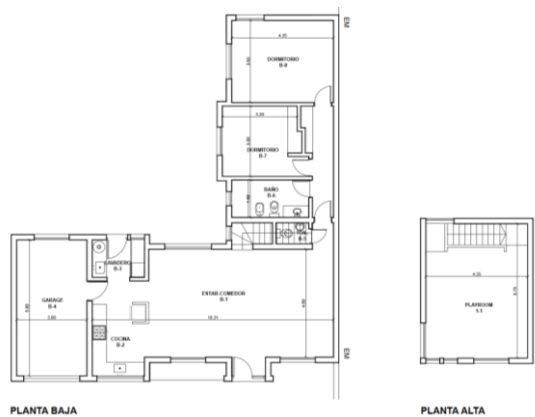


Figura 7. Plantas de arquitectura de la vivienda 1.

VIVIENDA 2

UBICACIÓN: A.C. Muriega V. de Brunetti 464, Río gallegos.

TIPOLOGÍA: Vivienda unifamiliar

ÁREA CUBIERTA: 125 m²

NRO DE OCUPANTES: 5

ORIENTACIÓN E IMPLANTACIÓN



Figura 8. Ubicación de la vivienda 2.
Adaptado de: Google Earth.

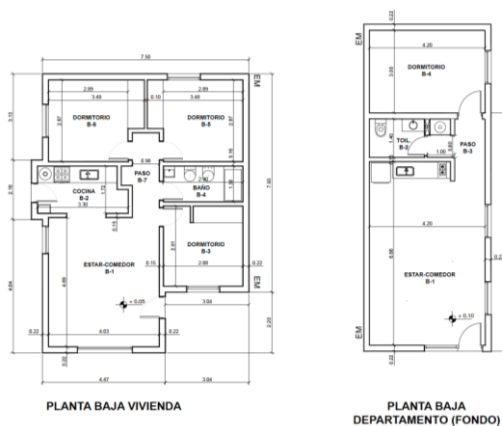


Figura 9. Plantas de arquitectura de la vivienda 2.

VIVIENDA 3

UBICACIÓN: Alberdi 464 Piso 1 Depto. A, Río gallegos.

TIPOLOGÍA: Vivienda unifamiliar en primer nivel y uso comercial en planta baja

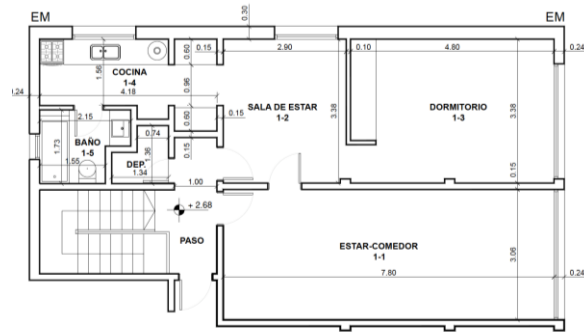
ÁREA CUBIERTA: 58,80 m2

NRO DE OCUPANTES: 2

ORIENTACIÓN E IMPLANTACIÓN



Figura 10. Ubicación de la vivienda 3. Adaptado de: Google Earth.



PLANTA PRIMER NIVEL

Figura 11. Planta de arquitectura de la vivienda 3-1º nivel

3. COMPOSICION DE GRUPO FAMILIAR DE LAS VIVIENDAS DE RÍO GALLEGOS

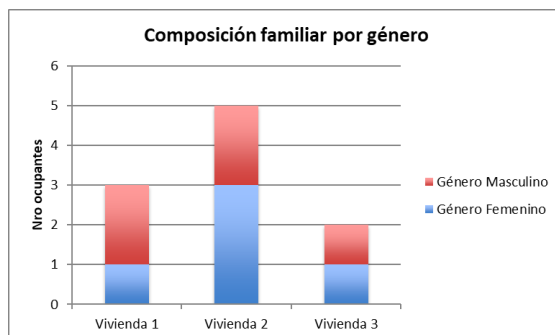


Figura 12. Número de ocupantes por vivienda en tres barrios de Río Gallegos.

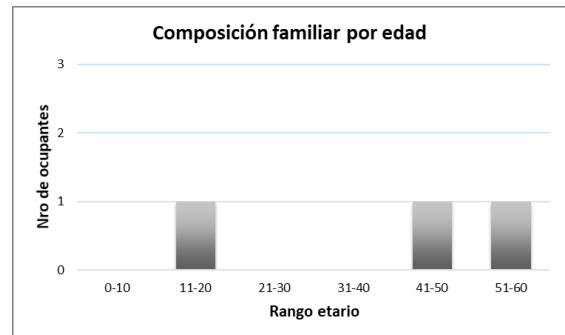


Figura 13. Número de ocupantes por edades en vivienda 1

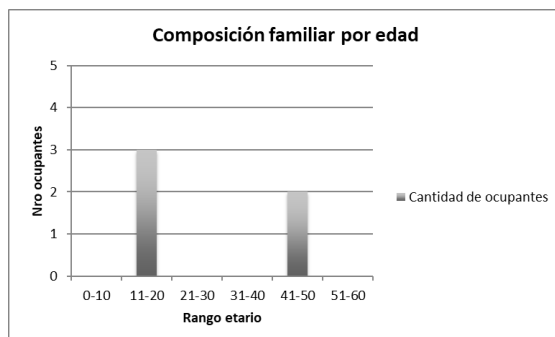


Figura 14. Número de ocupantes por edades en vivienda 2

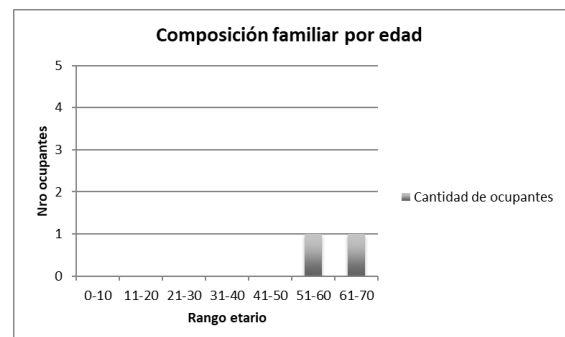


Figura 15. Número de ocupantes por edades en vivienda 3

4. CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS DE VIVIENDAS EN RÍO GALLEGOS

4.1 VIVIENDA 1- José Pionero Gonzalez 288

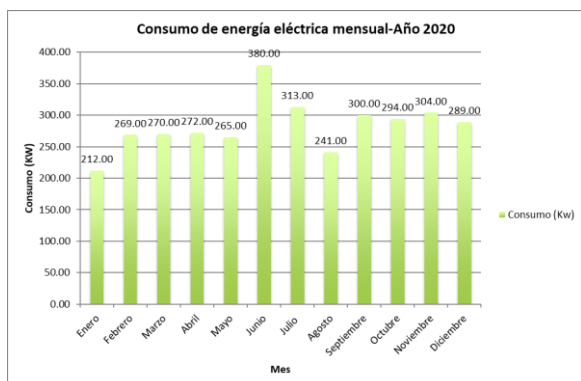


Figura 16. Consumo de energía eléctrica mensual año 2020

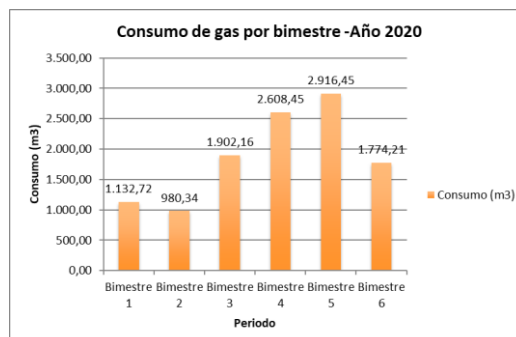


Figura 17. Consumo de gas natural bimestral año 2020

Tabla 1. Detalle de consumo de energía eléctrica y costos discriminados por sup. cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo(KW)	Costo (ARS)	Costo (USD)(1)
M2 de superficie cubierta	27,27	107,45	1,23
Ocupante	1.136,33	4.477,15	51,17

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

Tabla 2. Detalle de consumo de gas natural y costos discriminados por superficie cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo (m3)	Costo (ARS)	Costo (USD)(1)
M2 de superficie cubierta	90,51	\$ 231,72	\$ 2,65
Ocupante	3.771,44	\$ 9.654,89	\$ 110,34

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

4.2 VIVIENDA 2- : A.C. Muriega V. de Brunetti 464

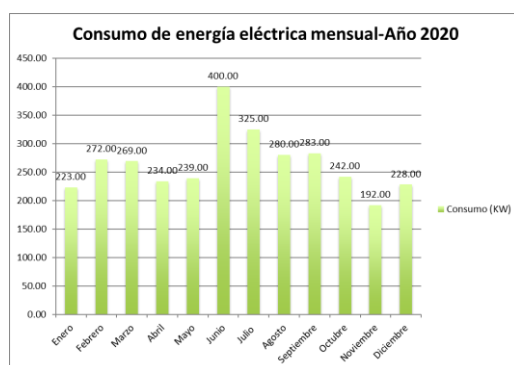


Figura 18. Consumo de energía eléctrica mensual año 2020

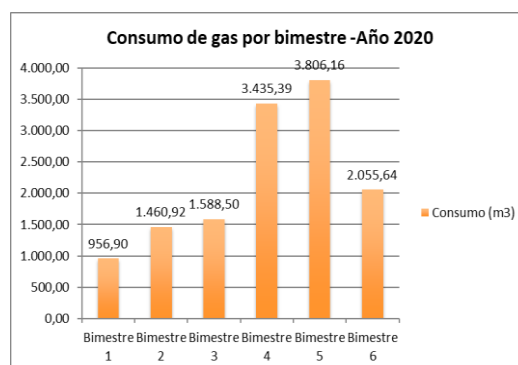


Figura 19 Consumo mensual de gas natural bimestral año 2020

Tabla 3 Detalle de consumo de energía eléctrica y costos discriminados por superficie cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo (KW)	Costo (ARS)	Costo (USD)(1)
M2 de superficie cubierta	25,50	\$ 89,24	\$ 1,02
Ocupante	637,40	\$ 2.230,90	\$ 25,50

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

Tabla 4. Detalle de consumo de gas natural y costos discriminados por superficie cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo (m3)	Costo (ARS)	Costo (USD)(1)
M2 de superficie cubierta	106,43	\$ 272,46	\$ 3,11
Ocupante	2.660,70	\$ 6.811,40	\$ 77,84

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

4.3 VIVIENDA 3- Alberdi 464 Piso 1 Depto. A

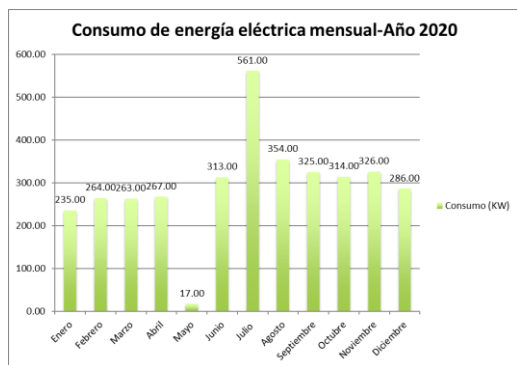


Figura 20. Consumo de energía eléctrica mensual año 2020

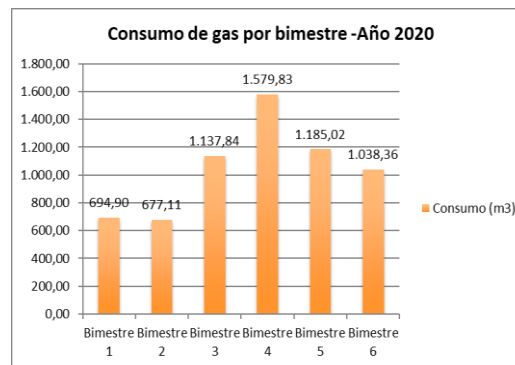


Figura 21. Consumo mensual de gas natural bimestral año 2020

Tabla 5. Detalle de consumo de energía eléctrica y costos discriminados por superficie cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo (KW)	Costo (ARS)	Costo USD (1)
M2 de superficie cubierta	59,95	\$ 279,92	\$ 3,20
Ocupante	1.762,50	\$ 8.229,77	\$ 94,05

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

Tabla 6. Detalle de consumo de gas natural y costos discriminados por superficie cubierta y por ocupante.

Consumo anual por:	Consumo (m3)	Costo (ARS)	Costo USD (1)
M2 de superficie cubierta	107,36	\$ 274,85	\$ 3,14
Ocupante	3.156,53	\$ 8.080,72	\$ 92,35

(1) Valor dólar BNA: \$87.50

5. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS DE VIVIENDAS EN RÍO GALLEGOS

5.1 VIVIENDA 1- José Pionero Gonzalez 288

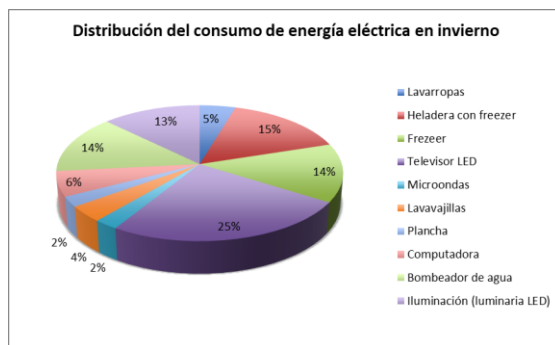


Figura 22. Distribución del consumo de energía eléctrica en invierno s/ tipo de artefacto.

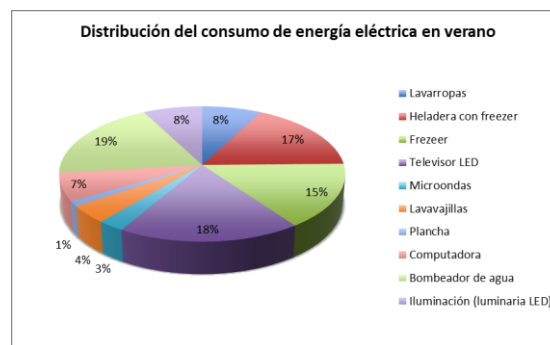


Figura 23. Distribución del consumo de energía en verano s/ tipo de artefacto.

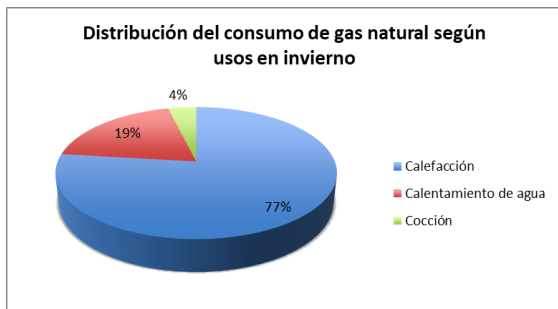


Figura 24. Distribución del consumo de gas natural en invierno s/ usos.

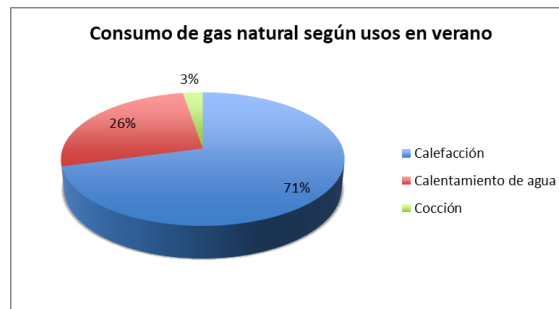


Figura 25. Distribución del consumo de gas natural en verano s/ usos.

5.2 VIVIENDA 2- : A.C. Muriega V. de Brunetti 464

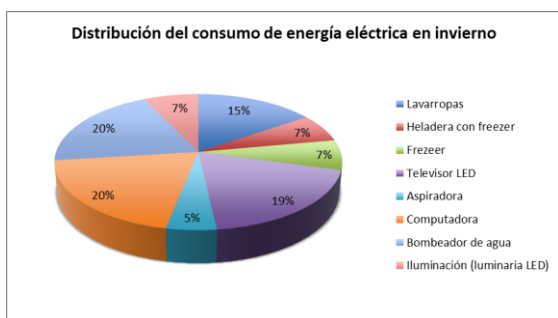


Figura 26. Distribución del consumo de electricidad en invierno s/ tipo de artefacto.

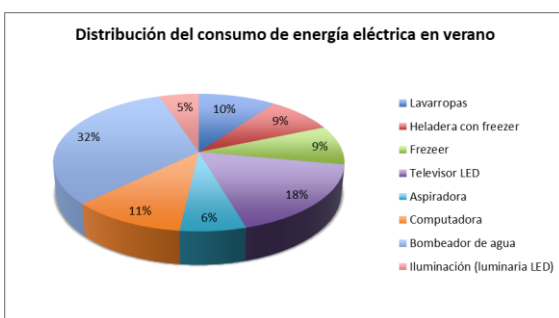


Figura 27. Distribución del consumo de electricidad en verano s/ tipo de artefacto.

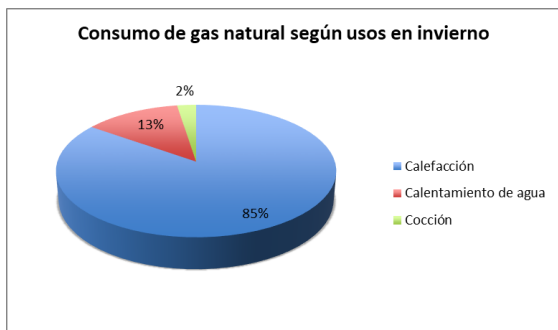


Figura 28. Distribución del consumo de gas natural en invierno s/ usos.

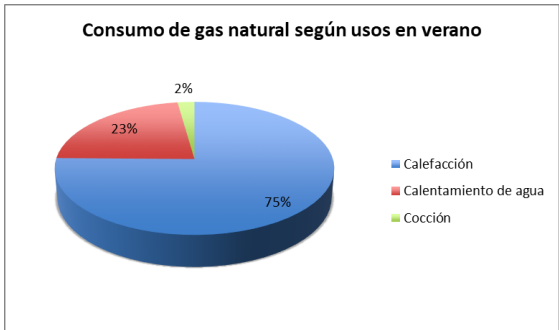


Figura 29. Distribución del consumo de gas natural en verano s/ usos.

5.3 VIVIENDA 3- Alberdi 464 Piso 1 Depto. A

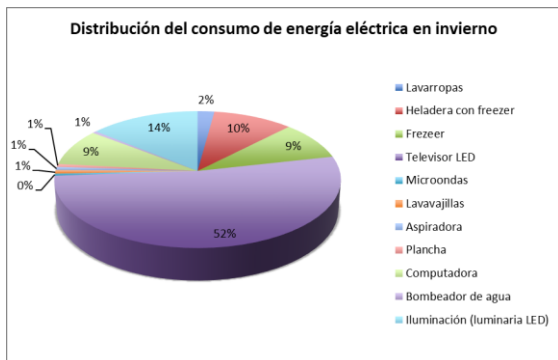


Figura 30. Distribución del consumo de electricidad en invierno s/ tipo de artefacto.

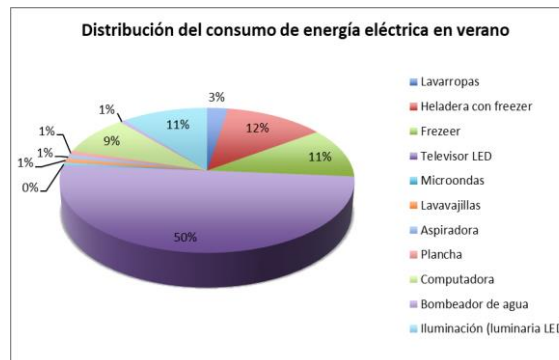


Figura 31. Distribución del consumo de electricidad en verano s/ tipo de artefacto.

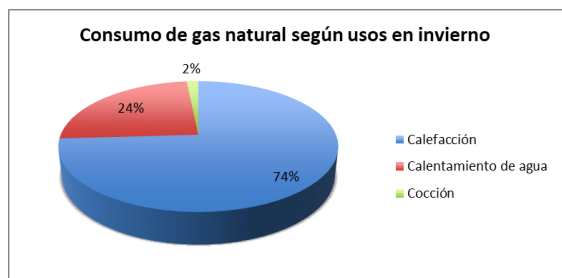


Figura 32. Distribución del consumo de gas natural en invierno s/ usos.

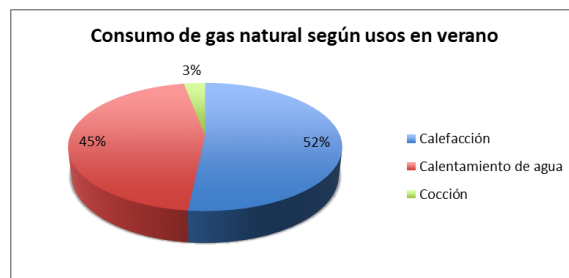


Figura 33. Distribución del consumo de gas natural en verano s/ usos.

La información recabada en las encuestas y en las facturas facilitadas por los propietarios, nos permitió realizar una comparativa de los consumos energéticos entre los tres casos estudiados. De esta manera, es posible detectar dónde y cómo es importante intervenir para reducir significativamente los costos energéticos. En el siguiente gráfico, se comparan los consumos de gas y electricidad según las superficies habitables.

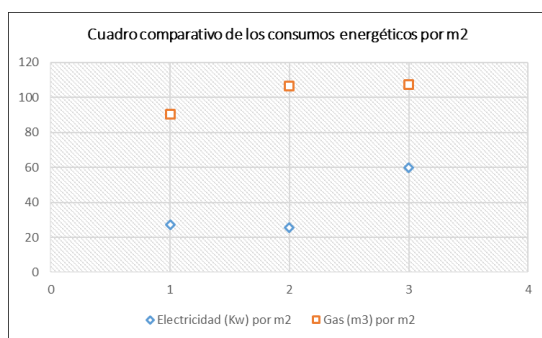


Figura 33 Gráfico comparativo de los consumos energéticos de las tres viviendas encuestadas.

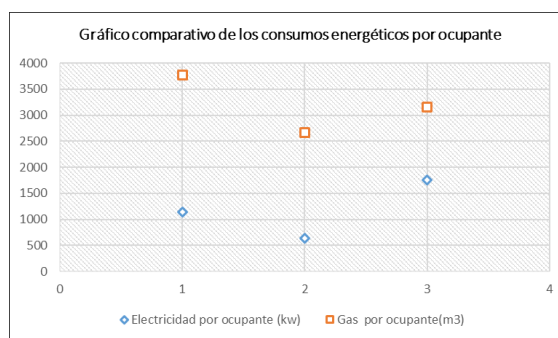


Figura 34 Gráfico comparativo de los consumos energéticos de las tres viviendas encuestadas.

De acuerdo al gráfico se puede observar el alto consumo eléctrico de la vivienda 3 (58.8 M2) en comparación a los dos restantes que la duplican en superficie, esto se debe a los usos y costumbres de sus habitantes que informaron por medio de la encuesta que suelen realizar home office y que es un hábito dejar los televisores encendidos la mayor parte del día. Además, cuentan con tecnología de lámparas fluorescentes y dicroicas para iluminación.

Las viviendas de 125 M2 (1 y 2) tienen un consumo muy parecido en energía eléctrica, sin embargo, en cuanto al consumo de gas la vivienda 2 supera a la vivienda 1, esta diferencia puede radicar en el equipamiento instalado, ya que el inmueble de mayor consumo (2) posee dos termo tanques y una cocina de 6 hornallas. Al compararlas de acuerdo al consumo por ocupante este valor se acrecienta debido a que solo es habitada por tres personas. A continuación, se realiza una comparativa de los consumos energéticos entre las viviendas encuestadas teniendo en cuenta el gasto en energía primaria empleada.

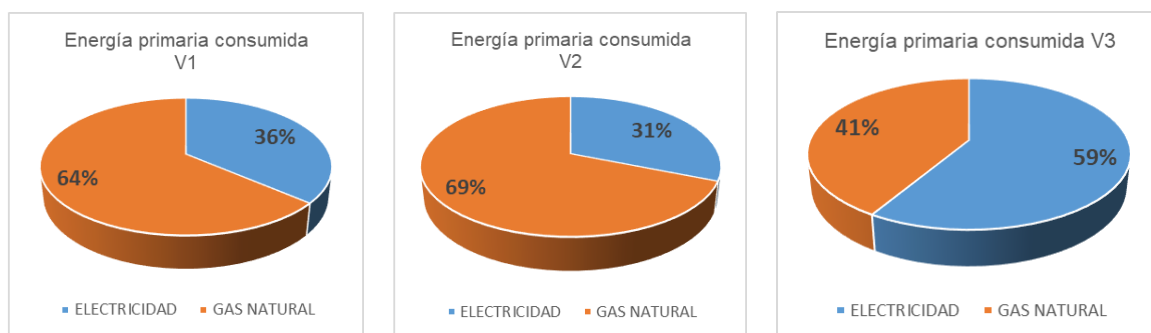


Figura 35. Gráficos comparativos de los consumos energéticos de las tres viviendas encuestadas.

En los gráficos, se puede visualizar que el mayor consumo energético en las viviendas 1 y 2 es el gas natural, en especial por su uso en calefacción, tal como se indica en la figura 35 del presente trabajo. En estos casos, a fin de lograr reducir el consumo en gas es necesario realizar una evaluación integral de sus envolventes térmicas a fin de establecer recomendaciones constructivas cuya implementación signifiquen un ahorro del recurso.

Para la realización de la segunda parte del trabajo práctico correspondiente a la auditoría detallada, elegimos tomar como objeto de estudio a la Vivienda N°1, por la disposición de sus ocupantes a colaborar en la obtención de los datos necesarios para realizar la evaluación. El sistema constructivo de la vivienda objeto de estudio es tradicional, con estructura portante de hormigón armado, muros de ladrillos cerámicos huecos de 18x18x33 cm revocados a la cal en ambas caras sin aislación térmica alguna. Las carpinterías son de aluminio anodizado sin ruptura del puente térmico y los vidrios son DVH. La cubierta es de chapa con membrana tipo mexpol a modo de única aislación.

En primera instancia, se evalúa la vivienda desde un punto vista teórico. Para ello, se utilizó el software denominado Energocad que nos brinda la posibilidad de conocer el coeficiente de pérdidas volumétricas globales y contrastarlo con el valor máximo admisible que indica la Norma Iram 11.604. En este caso, el máximo admisible según norma es 1.475 W/m³ K determinado mediante la Tabla N°1, este se estableció en base al volumen calefaccionado de la vivienda que es 276,35 m³ y a los grados día de calefacción en base a una temperatura de confort de 20°C (Iram 11.603 Tabla A.1). Por su parte, la simulación realizada en software y en el cual se introdujeron como datos las características dimensionales y constructivas de la vivienda, arrojó un coeficiente G de cálculo de 2.51 W/m³ K. Los resultados obtenidos nos indican que la Vivienda n°1 pierde mucha energía a través de su envolvente.

En el siguiente gráfico se puede apreciar que elementos constructivos en los que se están produciendo las mayores pérdidas son los muros, los techos y en las renovaciones de aire.

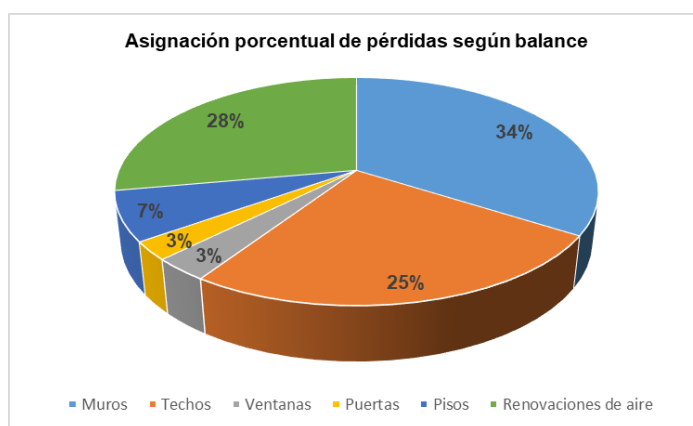


Figura 36. Asignación porcentual de pérdidas según balance de la vivienda auditada

La carga térmica de la vivienda calculada en el software Auditcad es de 60.380 KWh/ año, si lo comparamos con la carga anual en calefacción si esta cumpliera con el coeficiente Gcal admisible dictado por la norma Iram 11.604 (1.475 W/m³ K), la carga en calefacción debería ser de 42.781,36 KWh/año, es decir, ahorraríamos un 29,15% de energía al año. El software también nos indica el consumo de gas en m³/año para mantener la temperatura de confort en 20°C, teniendo en cuenta las pérdidas a través de la envolvente edilicia y las ganancias solares. Abajo se transcriben los datos obtenidos en la simulación efectuada:

Tabla 7. Resultados de la simulación de consumos energéticos

Balance térmico y demanda de energía anual	
Pérdidas (KWhx100)	551
Ganancias (KWhx100)	75
Consumo de gas s/sol (m3/año/10)	507
Consumo de gas c/sol (m3/año/10)	438
Consumo de gas medido (m3/año)	8.372,60 (*)

(*) Valor obtenido de la facturación anual, descontando los consumos asociados a la cocción y al calentamiento de agua.

Los datos nos permiten ver claramente como la vivienda consume más gas de lo que debería para obtener la temperatura de confort de 20°C. Como se verá más adelante en la auditoría detallada, la vivienda esta climatizada a temperaturas interiores superiores a los 20°C, lo cual puede explicar el sobreconsumo de gas.

6. AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA A LA VIVIENDA N°1

Las mediciones térmicas fueron realizadas durante el mes de octubre del año 2021 en un periodo de siete días corridos, para lo cual se utilizó el instrumental que se describe en el punto 6.1, estos se ubicaron en dos dormitorios y en el estar-comedor. Para la elaboración de los Diagramas Psicrométricos se utilizó la hoja de cálculo Psiconf (Czajkowski, 2006).

6.1 INSTRUMENTAL UTILIZADO EN EL ESTUDIO DEL CASO



Termohigrómetro digital máxima/mínima

Marca: Qualitäts-Erzeugnis

Rango de medición: -10°C a + 60°C (Temperatura interior)
-50°C a + 70°C (Temperatura exterior)
Humedad 100% a 99%



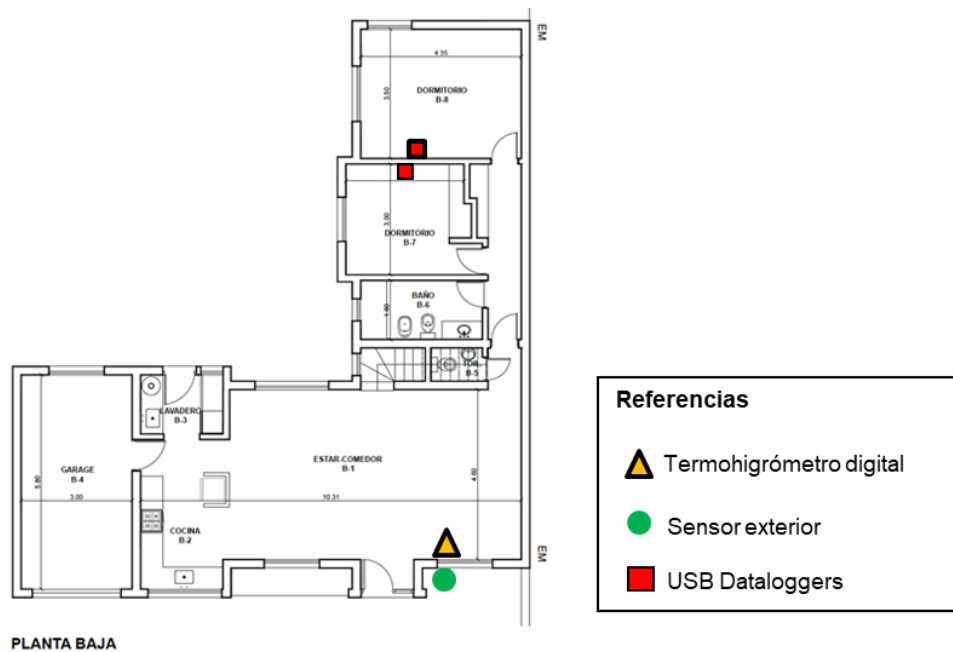
USB Datalogger

Marca: UNI-T

Modelo: UT330 Series

Rango de medición: -40°C a + 80°C (Temperatura)
0%RH a + 100%RH (Humedad)
750 hpa – 100 hpa (Presión Atmosférica)

6.2 UBICACIÓN DEL INSTRUMENTAL



PLANTA BAJA

Figura 37. Planta de arquitectura de la vivienda auditada con ubicación del instrumental de medición.



Figura 38. Termohigrómetro digital en el Estar-comedor



Figura 39. Termohigrómetro digital en el Estar-comedor



Figura 40. USB Datalogger N°1 en Dormitorio principal

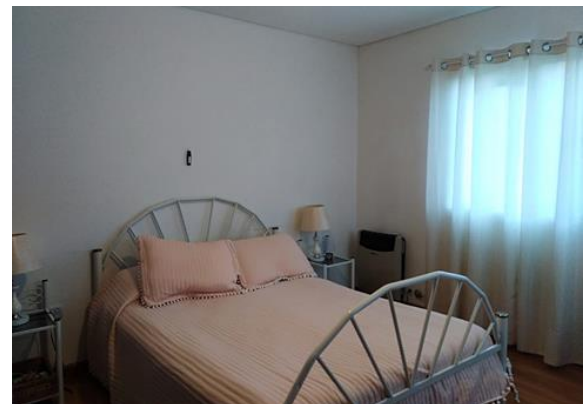


Figura 41. USB Datalogger N°2 en Dormitorio

6.4 RESULTADO DE LAS MEDICIONES DE CONFORT HIGROTÉRMICO

Tabla 8. Resumen de mediciones de temperaturas interiores y exteriores – Datalogger N°1

DÍA	Temperatura min. interior	Temperatura máx. interior	Temperatura máx. exterior	Temperatura min. exterior
1	21.6	24.0	11.2	2.9
2	22.3	25.6	18.3	6.0
3	22.0	24.5	18.9	6.6
4	19.8	23.3	23.6	10.1
5	21.0	23.3	20.0	11.8
6	18.7	21.6	11.9	8.4
7	20.0	21.9	12.5	6.4

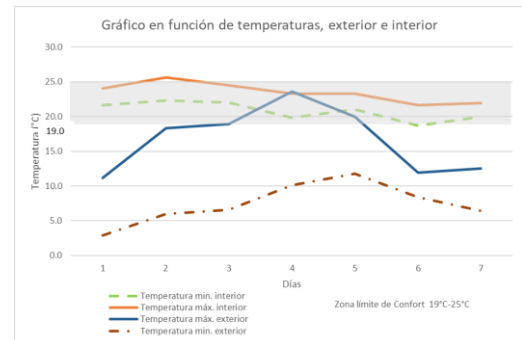


Figura 42. Gráfico de resumen de mediciones

Tabla 9. Resumen de mediciones de temperaturas interiores y exteriores – Datalogger N°2

DÍA	Temperatura min. interior	Temperatura máx. interior	Temperatura máx. exterior	Temperatura min. exterior
1	22.3	24.4	11.2	2.9
2	22.8	27.0	18.3	6.0
3	21.3	24.6	18.9	6.6
4	18.9	22.9	23.6	10.1
5	20.2	22.7	20.0	11.8
6	17.9	20.8	11.9	8.4
7	20.3	23.7	12.5	6.4

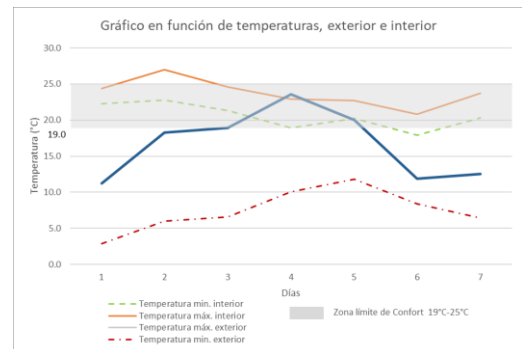


Figura 43. Gráfico de resumen de mediciones

Tabla 10. Resumen de mediciones de temperaturas interiores y exteriores – Termohigrómetro digital

DÍA	Temperatura min. interior	Temperatura máx. interior	Temperatura máx. exterior	Temperatura min. exterior
1	17.8	21.9	11.2	2.9
2	20.6	24.2	18.3	6.0
3	21.9	24.1	18.9	6.6
4	19.4	25.9	23.6	10.1
5	20.3	22.1	20.0	11.8
6	19.1	22.4	11.9	8.4
7	18.4	22.3	12.5	6.4

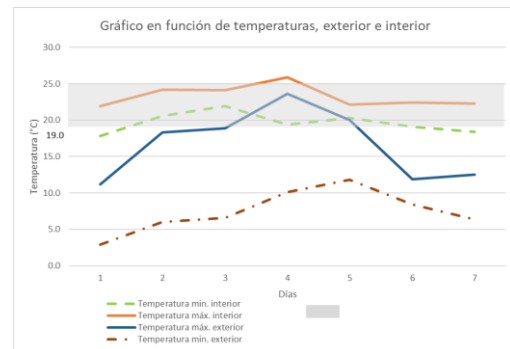


Figura 44. Gráfico de resumen de mediciones

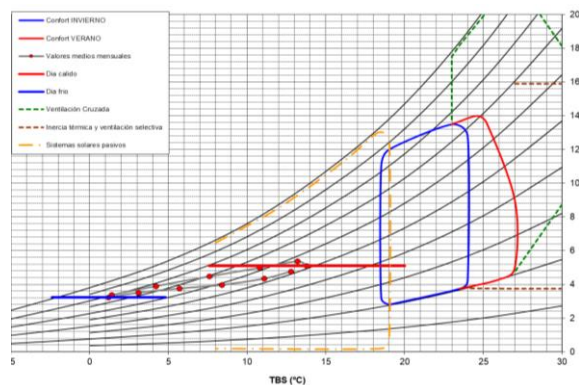


Figura 45. Diagrama Psicrométrico de la ciudad de Río Gallegos

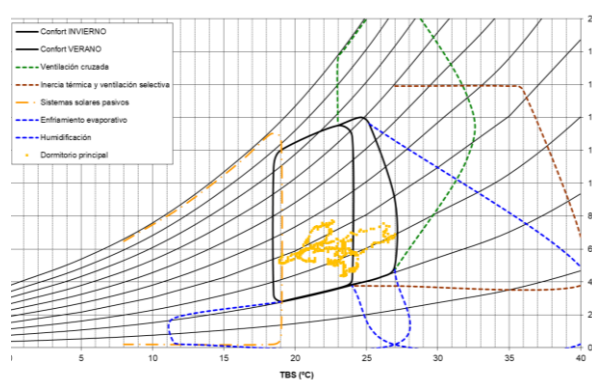


Figura 46. Diagrama Psicrométrico- Datalogger N°1 Dormitorio

En el diagrama psicrométrico se observa que las temperaturas medias mensuales exteriores se encuentran por debajo de las temperaturas de confort tanto en invierno como en verano. (Figura 45).

En el dormitorio se advierte que las temperaturas registradas en el instrumental durante el tiempo auditado se ubicaron mayormente dentro de los rangos de confort establecidos. Sin embargo, hay horas en las cuales se comprueba un sobrecalentamiento del local auditado con respecto a la zona de confort de invierno. (Figura 46).

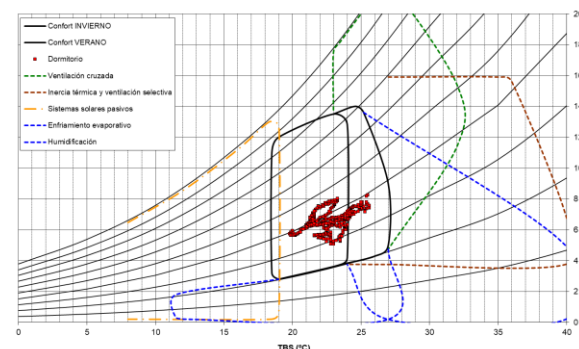


Figura 47. Diagrama Psicrométrico- Datalogger N°2 Dormitorio principal

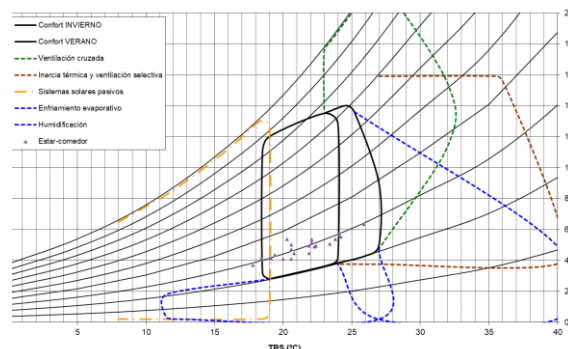


Figura 48. Diagrama Psicrométrico- Termohigrómetro digital- Estar - comedor

En el dormitorio principal se observa que las temperaturas registradas en el instrumental durante el tiempo auditado se ubicaron dentro de los rangos de confort establecidos, pero al igual que en el segundo dormitorio existen horas en las cuales las temperaturas superan el límite superior de la zona de confort de invierno. (Figura 47).

En el diagrama del Estar-comedor se puede apreciar que las temperaturas registradas en el instrumental durante el tiempo auditado se ubicaron mayormente dentro de los rangos de confort, con excepción de dos horas en las cuales la temperatura interior descendió por debajo del límite de los 18°C. (Figura 48).

7 CONCLUSIONES

La vivienda auditada no cumplimenta las normas Iram referentes a la calidad térmica de los edificios, ya que el sistema constructivo utilizado no es el adecuado para la zona bioambiental en la cual se implanta. Este hecho queda demostrado gracias a la simulación realizada con el software Energocad, el cual arroja un coeficiente de pérdidas volumétricas muy superior a la admisible. Por extensión, se puede decir que las viviendas N°2 y N°3 que

no fueron auditadas en forma detallada, tampoco cumplimentan las normas Iram ya que ambas están resueltas con idéntico sistema constructivo que la vivienda N°1.

El registro de las temperaturas interiores de la vivienda N°1 nos permite apreciar que los ambientes auditados se encuentran mayormente en confort térmico, pero a temperaturas superiores a los 22°C, lo cual implica un gran gasto de gas natural producto de la compensación de las pérdidas de energía a través de la envolvente edilicia para mantener los ambientes climatizados a la temperatura deseada por sus habitantes.

En la figura 35 se puede visualizar que el mayor consumo energético es el gas natural de red, por lo tanto, se torna necesario introducir mejoras en la envolvente edilicia para mejorar su desempeño energético. Estas mejoras deben enfocarse principalmente en los muros, el techo y las carpinterías (ver tabla 7). Asimismo, se puede introducir sistemas de energía renovables para el calentamiento de agua.

Si bien el mayor consumo energético esta dado en la climatización también se puede buscar reducir el consumo eléctrico mediante la instalación de equipamiento cuya etiqueta de eficiencia energética sea A o superior y mediante la adopción de prácticas que permitan un uso racional de la energía por parte de sus habitantes.

D - COMENTARIOS FINALES

La oportunidad de haber realizado las auditorías energéticas en ciudades localizadas en tres países distintos, cuyas latitudes y altitudes difieren notoriamente fue importante para entender como el uso de la energía varía según la cultura del lugar, las características de las infraestructuras de servicios disponibles y las políticas económicas referentes a las tarifas energéticas.

Existe un gran contraste entre Río Gallegos y las ciudades de Lima y La Paz en cuanto al uso del gas. En la ciudad argentina el gas natural se emplea en gran medida para calefaccionar las viviendas. En los hogares de Lima y La Paz el recurso se destina al calentamiento de agua sanitaria y a la cocción. Estas viviendas no cuentan con sistemas de calefacción instalados, a pesar que existen épocas del año en las cuales se registran temperaturas exteriores inferiores a la temperatura mínima de confort.

En Lima las viviendas utilizan gas envasado y su unidad de medición es el kilogramo. En Río Gallegos y en La Paz la distribución es por redes de gas natural y se contabiliza en m³. Por este motivo, no es posible hacer una comparación de los consumos por m² y por ocupante de las tres ciudades y solo se tendrá en cuenta en la comparación de los costos. El consumo anual por m² y por ocupante de las viviendas de Río Gallegos supera ampliamente al de La Paz. Las cifras son elocuentes, el consumo de gas por m² en Río Gallegos es de 107.36 m³ anuales y en La Paz es de 6.77 m³ por m². Si el cálculo se realiza por ocupante los consumos son 3156.53 m³ (Río Gallegos) y 286.21 m³ (La Paz).

En cuanto a los costos se advierte que las tarifas se encuentran subvencionadas en Argentina y en Bolivia pero no así en Perú. Mientras que en Lima se paga alrededor de USD \$3 el Kg de gas por m² y en Río Gallegos USD \$3 por m², en Bolivia el costo por unidad de superficie es de USD \$0.47.

En lo relativo al consumo de energía eléctrica, se constata que el mayor consumo por unidad de superficie y por ocupante corresponde a las viviendas de Río Gallegos. Las viviendas auditadas en La Paz son las de menor consumo, siendo este de 13.24 Kw por m² anuales, en Lima, es de 33.23 Kw por m² y en Río Gallegos asciende a 59.95 Kw por m².

En la distribución de los consumos se verifica que en general las heladeras con freezer, la iluminación y los televisores son los artefactos que más insumen energía eléctrica. En un caso particular de Lima, se advierte que el uso de la computadora tiene un considerable impacto en la factura de energía. En Río Gallegos, es preponderante el gasto energético de las bombas presurizadoras y elevadoras.

Las tarifas de energía eléctrica, al igual que en el caso del gas, cuentan con subsidios estatales en Argentina y en Bolivia. En Lima el costo anual de la electricidad por m² es de USD \$ 5.32, mientras que en Río Gallegos es de USD \$ 3.20 y en La Paz de USD \$ 1.77.

Por último, queremos destacar la necesidad de implementar auditorías energéticas en las viviendas durante las épocas críticas con el fin de completar el estudio ya que las auditorías detalladas se realizaron en los meses de octubre y diciembre.

9. BIBLIOGRAFÍA

Czajkowski, J. (2006). Psiconf, versión 1.0. La Plata.

IRAM (2012) Norma Iram 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

IRAM (2001) Norma Iram 11604. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

S.de Schiller, Evans, J.M, Patrone, J.M (s.f). Recomendaciones y protocolo de medición de temperaturas en espacios interiores, Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.