



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA
11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

Rocío Ivette Aja Flores

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA
11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROCIO IVETTE AJA FLORES

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila |
| EXAMINADOR | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Carmen Marina Mérida Alba |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha noviembre de 2011.



Rocío Ivette Aja Flores



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
12 de septiembre de 2013

Ingeniero
Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Jefe de la Unidad de Investigación de Ingeniería Civil
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Quiñónez.

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de Asesor, he revisado el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, desarrollado por la estudiante universitaria Rocío Ivette Aja Flores.

El trabajo en mención cumple con los requisitos que exige la Facultad, en consecuencia con los objetivos y contenidos en su programación, por lo que recomiendo continuar con los trámites para su aprobación.

Sin otro particular me despido atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

MSc. Nicolás Guzmán
Ingeniería civil y Sanitaria, Col. 4540

Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
Colegiado 4,540
Asesor

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 20 de septiembre de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

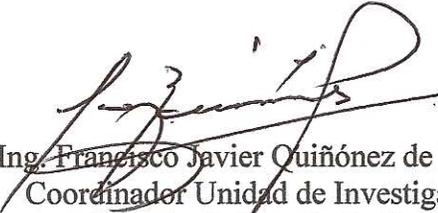
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado "Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la Ciudad de Guatemala en los años 2008-2010", realizado por la estudiante universitaria Rocío Ivette Aja Flores, quien contó con la asesoría del M.Sc. Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero que el trabajo realizado por la estudiante Aja Flores cumple con los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,


Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Coordinador Unidad de Investigación
Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cc archivo

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz y del Coordinador de la Unidad de Investigación, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación de la estudiante Rocío Ivette Aja Flores, titulado **EVALUACIÓN DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008 - 2010**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2013.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 703.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010**, presentado por la estudiante universitaria: **Rocío Ivette Aja Flores**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 9 de octubre de 2013



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi fortaleza, darme la gracia de la sabiduría, la inteligencia y la ciencia, por darme la vida, ser mi proveedor y ayuda en todo momento.
- Mis padres** Julio Aja y Margarita Alejandrina Flores, por ser mi apoyo incondicional en todo momento y por el aporte económico a lo largo de toda mi carrera.
- Mis abuelos** Ricardo Alejandro Aja, Graciela Estrada, César Flores y Deodora Raymundo, por sus consejos y por ser el modelo a seguir.
- Mis tías(os)** En especial a mi tía Zoila Aja, por el apoyo que me brindó en los momentos que más lo necesite, a todos mis tíos y tías por su apoyo, consejos y cariño.
- Mis hermanas** Alejandra y Mónica Aja, por su apoyo, consejos y amistad.
- Mis sobrinas** Naomi y Jimena, por la alegría que me dan cada día y por la dicha de tenerlas a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, que me brindó tanto conocimiento en estos años de carrera universitaria.

Ing. Nicolás Guzmán

Por guiarme en este trabajo tan importante para llegar a ser una profesional, por su gran apoyo y enseñanza.

Mis catedráticos

Por compartir sus conocimientos y enseñanzas que me ayudaran a lo largo de toda mi vida a ser una profesional de excelencia.

Mis amigos

Carola Flores, Rodolfo Ralac, Luis Rivera y Sergio Vela, por su apoyo, confianza, lealtad y gran amistad para conmigo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XI |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA..... | 1 |
| 1.1. Ubicación y accesos..... | 1 |
| 1.2. Monografía de la zona 11 de la ciudad de Guatemala..... | 4 |
| 1.2.1. Delimitación y división de la ciudad de Guatemala.. | 10 |
| 1.2.2. Zona 11 de la ciudad de Guatemala..... | 11 |
| 1.2.3. Aspectos socioeconómicos..... | 15 |
| 1.2.4. Clima..... | 18 |
| 1.2.5. Hidrografía..... | 19 |
| 1.2.6. Geomorfología y orografía..... | 19 |
| 1.2.7. Características geofísicas..... | 20 |
| 1.2.8. Datos demográficos y crecimiento poblacional..... | 20 |
| | |
| 2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010..... | 23 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3. | METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN..... | 25 |
| 3.1. | Encuesta | 26 |
| 3.1.1. | Muestra domiciliar | 26 |
| 3.1.2. | Muestra comercial | 27 |
| 3.1.3. | Muestra industrial | 28 |
| 4. | RESULTADOS | 29 |
| 4.1. | Entes encargados del abastecimiento de agua potable..... | 29 |
| 4.1.1. | Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA)..... | 29 |
| 4.1.2. | Compañía del agua Mariscal, S. A. | 30 |
| 4.2. | Descripción de las plantas de tratamiento y pozos de agua potable. | 32 |
| 4.2.1. | Planta de tratamiento Lo de Coy | 33 |
| 4.2.2. | Pozos existentes de la zona 11 | 36 |
| 4.3. | Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable en la zona 11 | 36 |
| 4.3.1. | EMPAGUA | 36 |
| 4.4. | Resultados obtenidos de la encuesta..... | 37 |
| 5. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA..... | 41 |
| 5.1. | Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)..... | 41 |
| 5.2. | Análisis de los datos obtenidos de las encuestas realizadas ... | 48 |
| 5.2.1. | Domiciliar..... | 48 |
| 5.2.2. | Comercial | 53 |
| 5.2.3. | Industrial..... | 58 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 6. | DISCUSIÓN | 63 |
| 6.1. | Discusión de los resultados | 63 |
| 6.1.1. | Domiciliar | 63 |
| 6.1.2. | Comercial..... | 65 |
| 6.1.3. | Industrial | 65 |
| 6.1.4. | Sector público | 65 |
| 6.2. | Discusión final | 66 |
| | CONCLUSIONES | 69 |
| | RECOMENDACIONES..... | 71 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 73 |
| | APÉNDICE | 75 |
| | ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Localización de la ciudad de Guatemala y zona 11..... | 2 |
| 2. | Mapeo de la zona 11 de la ciudad de Guatemala | 3 |
| 3. | Gráfica de variación del consumo de agua potable en el 2008 | 42 |
| 4. | Gráfica de variación de consumo de agua potable en el 2009 | 42 |
| 5. | Gráfica de variación del consumo de agua potable en el 2010 | 43 |
| 6. | Gráfica de variación del consumo de agua potable durante los años 2008-2010 | 43 |
| 7. | Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable del año 2008-2010 | 45 |
| 8. | Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector domiciliar | 50 |
| 9. | Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector comercial | 55 |
| 10. | Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector industrial | 60 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Urbanizaciones y colonias autorizadas por la Municipalidad de Guatemala en la zona 11 | 16 |
| II. | Colonias que conforman la zona 11 | 17 |
| III. | Mercados que conforman la zona 11 | 18 |

| | | |
|--------|---|----|
| IV. | Promedios mensuales y anuales de temperatura máxima en grados centígrados..... | 18 |
| V. | Promedios mensuales y anuales de temperatura mínima en grados centígrados..... | 19 |
| VI. | Acumulados mensuales y anuales de lluvia en milímetros mm | 19 |
| VII. | Población de la zona 11 del municipio de Guatemala en los años 2002-2010 | 20 |
| VIII. | Tasas de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 11 de la ciudad de Guatemala años 1950-2002 | 21 |
| IX. | Tasas de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 11 de la ciudad de Guatemala años 2002-2010 | 21 |
| X. | Número total de viviendas en la zona 11 | 21 |
| XI. | Datos de consumo de agua en m3 y cantidad de usuarios..... | 37 |
| XII. | Consumo domiciliario mensual en cada una de las viviendas según datos de la encuesta..... | 39 |
| XIII. | Consumo comercial mensual en cada uno de los comercios según datos de la encuesta..... | 39 |
| XIV. | Consumo sector industrial mensual en cada una de las industrias según datos de la encuesta..... | 40 |
| XV. | Análisis estadístico de consumo en los años 2008-2010 según EMPAGUA..... | 40 |
| XVI. | Análisis estadístico de consumo en los años 2008-2010 según encuesta realizada | 40 |
| XVII. | Distribución de frecuencias datos de EMPAGUA..... | 45 |
| XVIII. | Medidas de dispersión según datos calculados EMPAGUA | 47 |
| XIX. | Medidas de posición según datos calculados EMPAGUA..... | 48 |
| XX. | Distribución de frecuencias sector domiciliario | 50 |
| XXI. | Medidas de dispersión sector domiciliario | 52 |
| XXII. | Medidas de posición sector domiciliario | 53 |

| | | |
|---------|--|----|
| XXIII. | Distribución de frecuencias sector comercial | 54 |
| XXIV. | Medidas de dispersión sector comercial | 57 |
| XXV. | Medidas de posición sector comercial..... | 58 |
| XXVI. | Distribución de frecuencias sector industrial | 59 |
| XXVII. | Medidas de dispersión sector industrial | 62 |
| XXVIII. | Medidas de posición sector industrial..... | 62 |
| XXIX. | Consumo de agua potable en los años 2008-2010 según EMPAGUA | 64 |
| XXX. | Promedio mensual de consumo en los años 2011 al 2020..... | 64 |
| XXXI. | Datos de encuesta realizada sector domiciliar | 76 |
| XXXII. | Datos de encuesta realizada sector comercial | 78 |
| XXXIII. | Datos de encuestas realizadas sector industrial | 79 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|--------------------------|--|
| Fa | Frecuencia acumulada |
| fam | Frecuencia anterior a la mayor agrupación |
| fpm | Frecuencia posterior a la mayor de la agrupación |
| i | Amplitud o intervalo de clase |
| Km | Kilómetro |
| Km² | Kilómetro cuadrado |
| l/com/día | Litro comercio por día |
| l/hab/día | Litro habitante por día |
| l/ind/día | Litro industria por día |
| l/s | Litro por segundo |
| log (n) | Logaritmo común del número de datos |
| Lri | Límite real inferior |
| Lrs | Límite real superior |
| Me | Mediana |
| Mho | Microhom |
| ml | Mililitros |
| Mm | Milímetros |
| Mo | Moda |
| MSN | Metros sobre el nivel del mar |
| M³ | Metros cúbicos |
| M³/día | Metros cúbicos por día |
| n | Número de datos |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |

| | |
|---------------------------------|---|
| Pf | Población final |
| Po | Población inicial |
| P.T. | Población Total |
| R | Rango de datos |
| SS | Sólidos Suspendidos |
| SSn | Sólidos suspendidos no sedimentables |
| SSs | Sólidos suspendidos sedimentables |
| Xi | Marca de clase |
| X | Media |
| $\Delta 2$ | Límite aceptable de error muestral |
| % | Porcentaje |
| “ | Pulgadas |
| Σf | Sumatoria de frecuencias |
| $\Sigma fiXi$ | Sumatoria de frecuencias por marca de clase |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|---|
| Agua cruda | Es el agua que cumple con las especificaciones en la norma COGUANOR NGO 29001 AGUA POTABLE. |
| Agua potable | El consumo de agua, es función de una serie de factores inherentes a la localidad que se abastece y varía de una ciudad a otra, así como podrá variar de un sector de distribución a otro, en una misma ciudad. |
| Amplitud | Cantidad de veces que se repite un determinado valor de la variable. |
| Asentamiento | Se refiere al proceso inicial en la colonización de tierras, o las comunidades que resultan. |
| Boulevard | Es una vía por lo general importante (4 vías de circulación o más) con amplias avenidas peatonales en sus laterales. |
| Cabildo | Comunidad de eclesiásticos capitulares de una iglesia |

| | |
|----------------------------|--|
| Cal hidratada | Se obtiene, de manera natural, por hidratación del óxido de calcio (cal viva) en unos equipos denominados hidratadores |
| Canal tipo Parshall | Es un canal simple de paredes paralelas, que sufre un estrechamiento hacia la mitad; si aumenta el caudal aumenta la altura de la lámina de agua y al revés. |
| Cantón | Unidad territorial en que puede subdividirse un país. |
| Captación | Consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua para cualquier uso. |
| Caudal | Es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo |
| Colector | Tramo del alcantarillado público que conecta diversos ramales de una alcantarilla. Se construye bajo tierra, a menudo al medio de las calles importantes, de manera que cada una de las viviendas de esa vía puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales. |
| COT | Carbono Orgánico Total |

| | |
|--------------------------------|---|
| Crecimiento demográfico | Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando “tiempo por unidad” para su medición. |
| Criollos | Es un americanismo que se empleó desde la época e la colonización de América aplicándolo a los nacidos en el continente americano, del país, pero con un origen de descendencia indígena. |
| CUM | Centro médico Universitario |
| Demografía | Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales. |
| Desechos sólidos | Es todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos. |
| Desviación estándar | Es una medida de centralización o dispersión para variables de razón (cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxígeno. |
| Dma | Dato mayor. |

| | |
|----------------------|---|
| Dme | Dato menor. |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno. |
| Eclesiástico | Lo relativo a la iglesia, un clérigo. |
| EMPAGUA | Empresa Municipal de Agua. |
| Floculación | Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería. |
| Frecuencia | Cantidad de veces que se repite un determinado valor de la variable. |
| Geomorfología | Es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre. |
| Hidrografía | Es una rama de las ciencias de la tierra que consiste en la descripción y estudio sistemático de los cuerpos de agua planetarios, especialmente de los recursos hídricos continentales. Por su campo de estudio, la hidrografía se vincula con otras ciencias, en particular con la geología, la hidrología y la climatología. |

| | |
|------------------------------|---|
| Histograma | Es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. |
| Humedad relativa | Es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. |
| Monografía | Es un documento que trata un tema en particular porque está dedicada a utilizar diversas fuentes compiladas y procesadas por uno o por varios autores. |
| Muestra | Es también llamada muestra aleatoria o simplemente muestra, es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística. |
| Orografía | Se refiere tanto a las elevaciones que puedan existir en una zona en particular (región, país, etc.) como a la descripción de las mismas que realiza la geomorfología. |
| Planta de tratamiento | Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales, llamadas en el caso de las urbanas, aguas negras |

| | |
|------------------------------|---|
| Polielectrolito | Cualquier polímero que posea grupos electrolitos. |
| Precipitación Pluvial | Es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo, pero que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o monto pluviométrico. |
| Sedimentación | Es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita. Un tipo común de sedimentación ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial o dispositivo construido especialmente para tal fin. |
| Septentrional | El septentrión es uno de los cuatro puntos cardinales, que se encuentra situado en posición diametralmente opuesta a la del punto Sur. |
| Sulfato de aluminio | Es ampliamente usado en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. |
| Sulfato de cobre | Es una sal insoluble de color blanco, formada por el anión sulfato y el catión cobre en estado de oxidación +1, de fórmula Cu_2SO_4 . |

| | |
|---------------------|--|
| Tranvía | Es un medio de transporte de pasajeros que circula sobre carriles y por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía ni senda o sector reservado. |
| Turbiedad | Es la falta de transparencia de un líquido debida a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el líquido, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad. |
| UTM | Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator |
| Valle | Es una llanura entre montañas o alturas. Se trata de una depresión de la superficie terrestre entre dos vertientes, con forma inclinada y alargada. Por la vertiente de un valle pueden circular las aguas de un río (en el caso de los valles fluviales) o alojarse el hielo de un glaciar (valles glaciares). |
| Zonificación | Indica la división de un área geográfica en sectores homogéneos conforme a ciertos criterios. |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación evaluó el consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala, en el sector domiciliario, comercial e industrial.

Se utilizó como metodología de investigación, una encuesta de campo para la evaluación de consumo de agua potable. Se comparó los datos proporcionados por EMPAGUA y datos obtenidos de la encuesta realizada, obteniendo de estos un promedio de consumo de los sectores domiciliario, comercial e industrial. Además se visitaron instituciones encargadas del tema de agua como el INE, IGN, etc. y material bibliográfico relacionado con el tema y datos relevantes en la zona, se recabaron datos del INSIVUMEH en cuanto a precipitación anual, clima, etc. Así como datos de crecimiento poblacional del Instituto Nacional de Estadística.

La zona 11 de la ciudad de Guatemala posee diversos factores ambientales que hacen posible que tenga recursos hídricos aceptables, como la precipitación promedio anual y el agua subterránea; sin embargo, el mal uso que se le da al aprovechamiento y la mala explotación son causa de la escasez en esta zona.

Las empresas encargadas de abastecer agua a la zona 11 son: la Empresa de Agua Mariscal y la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), siendo esta última la mayor distribuidora en la cual el 100 por ciento de abastecimiento lo proporciona la planta de tratamiento Lo de Coy, captando el

agua de los ríos Xayá-Pixcayá y en época de verano se complementa con la planta Ojo de Agua.

El consumo de agua potable promedio del sector domiciliario es de 227 litros habitante por día, el sector comercial 1 076 litros comercio por día, y el sector industrial 12 887 litros habitante por industria, como se puede observar en las industrias y comercios se muestra un dato muy elevado, en la mayoría de los casos estos poseen pozo propio sin que haya un control adecuado del consumo de agua.

OBJETIVOS

General

Evaluar el consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en el período 2008-2010.

Específicos

1. Identificar las fuentes que abastecen de agua potable a la zona 11 de la ciudad de Guatemala.
2. Determinar cómo se suministra y distribuye el agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala.
3. Establecer los usos del agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala.
4. Estimar el consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación tiene como finalidad evaluar el consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en el periodo comprendido entre los años 2008-2010, en el cual se determina: las fuentes que abastecen de agua potable dicha zona, la distribución del agua, las empresas o entes encargados de la distribución, establecer los usos y destinos del agua y estimar el consumo de agua en la zona.

Para realizar esta investigación se verificó si existían fuentes relacionadas al tema, sin embargo, no se encontró ninguna fuente de información específica y actualizada sobre mediciones de consumo de agua en la zona 11. Una de las causas a esta problemática es la falta de planificación de consumo para prever las necesidades futuras de este vital líquido. He aquí la importancia de investigación del tema, para que exista un registro de cuanto en promedio se consume de agua mensual en los sectores domiciliario, comercial e industrial.

Un suministro de agua abundante constituye uno de los factores más importantes en el desarrollo de las sociedades modernas. Los dos factores principales en el desarrollo de los recursos de agua son la cantidad y la calidad. De acuerdo a la OMS, una persona debería de tener como mínimo (dotación óptima) la cantidad de 100 litro al día, con características del agua potable, es decir sin patógenos.

Debido a la abundancia de recursos de agua en Guatemala, existe la cantidad de agua necesaria para cubrir la demanda, sin embargo, no hay un

buen manejo de los recursos para desarrollar y mantener los requerimientos y suministros de agua, otro factor importante es la contaminación de las mismas.

En general sobre este tema, se presenta una comparación de los consumos de agua de la empresa municipal de agua y la encuesta realizada para determinar si existe un consumo bajo, elevado o normal de agua potable; según dotaciones para el sector de la zona 11.

Este trabajo académico tiene significativa importancia, porque forma parte de la investigación científica que está desarrollando la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil (UIEIC), en conjunto con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), de conformidad con lo establecido en el Contrato FODECYT número cero treinta guión dos mil once (FODECYT No. 030-2011), proyecto de investigación titulado: “Evaluación de consumo de agua potable en la ciudad de Guatemala en los años dos mil ocho al dos mil diez (2008-2010) y su relación con la escasez de agua y el cambio climático”.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

La zona 11 de la ciudad de Guatemala es una zona populosa que se caracteriza más por ser de tipo residencial. En este capítulo se incluirá información más detallada de dicha zona, como: colonias que lo conforman, clima, geografía, educación y en general información relevante acerca de la misma.

1.1. Ubicación y accesos

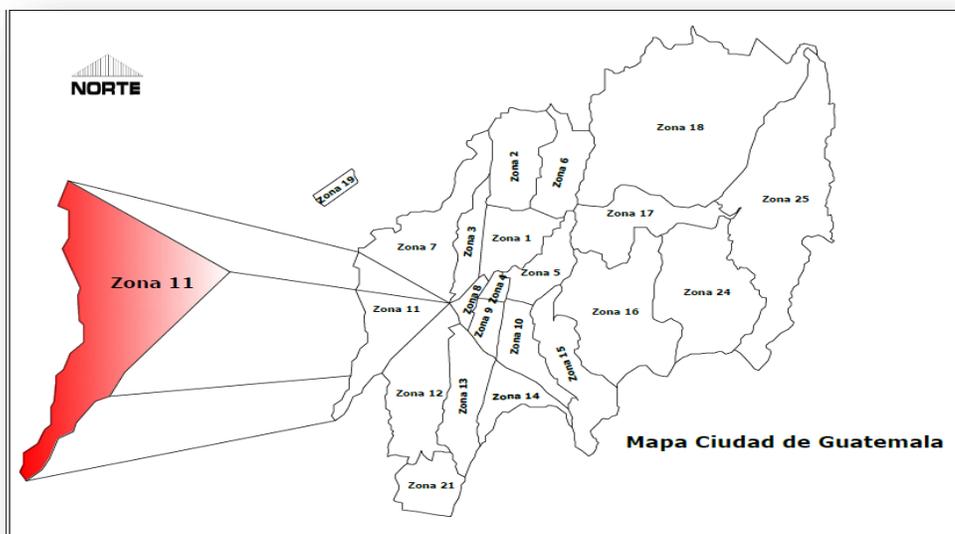
La zona 11 se encuentra ubicada al sur-oeste de la ciudad de Guatemala. Colinda al norte con la zona 7, teniendo como límite la calzada Roosevelt; al oeste con el municipio de Mixco; al sur con el municipio de Villa Nueva; al sur-este con la zona 12 de la ciudad de Guatemala, teniendo como límite la calzada Raúl Aguilar Batres. En la figura 1, se observa la localización de la zona 11 dentro de la ciudad.

Tiene una extensión aproximadamente de 11 kilómetros cuadrados. Sus límites tienen como punto de partida el centro del puente del Trébol continuando hacia el poniente por la calzada Roosevelt, hasta llegar a la quebrada que está situada entre la 39 avenida y la colonia González, doblando hacia el sur hasta llegar al centro del río Pansalic, continuando por dicho río hacia el sur oriente hasta llegar entre la 36 y 37 calles doblando hacia el oriente hasta llegar al centro de la calzada Raúl Aguilar Batres; doblando hacia el norte llegando hacia el punto de partida.

El área enmarcada en estos límites presenta una diversidad de usos del suelo ya que en ella se pueden encontrar industrias y comercios sobre las calzadas Roosevelt y Aguilar Batres, áreas deportivas y de recreación y sobre todo áreas de vivienda con una diversidad de estratos sociales así como una diversidad de trazo en cuanto a su organización espacial.

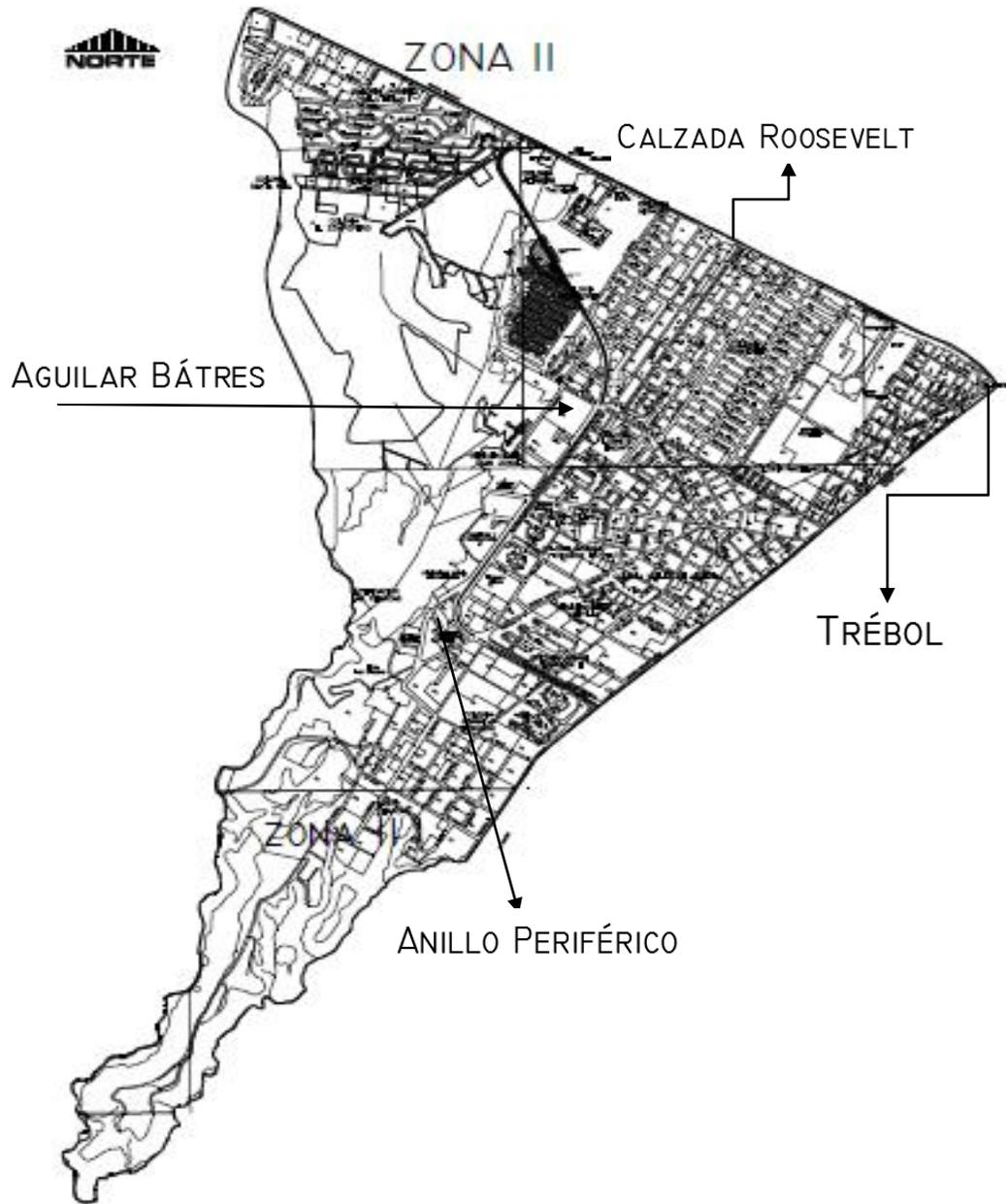
Dentro de la zona 11 se encuentra un porcentaje de consumo de espacio en lo que es la actividad religiosa; otro tipo de uso del suelo dentro de esta área es el de salud ya que entre otros se puede mencionar puntos importantes como lo son el hospital de ojos y oídos Dr. Rodolfo Robles, Hospital Roosevelt y Hospital Hermano Pedro, dentro de esta zona también se puede encontrar un buen porcentaje y uso del que se refiere edificio público así como también a nivel de educación (Municipalidad de Guatemala, Instituto Geográfico Nacional (IGN), marzo de 2006).

Figura 1. **Localización de la ciudad de Guatemala y zona 11**



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Mapeo de la zona 11 de la ciudad de Guatemala



Fuente: archivo de la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala.

1.2. Monografía de la zona 11 de la ciudad de Guatemala

La ciudad de Guatemala a través de la historia ha sufrido varios asientos: desde su fundación en la capital Cakchiquel de Iximché el 25 de julio de 1524. Fue abandonada debido a una revuelta indígena generada el 5 de septiembre de 1524 (Adrián Recinos: Memorial de Sololá, Anales de los Cakchiqueles, página 129, Biblioteca Americana, Fondo de Cultura Americana, México 1940).

El 22 de noviembre de 1527, se estableció la segunda ciudad del Señor Santiago en el actual caserío de San Miguel Escobar, la cual fue arrasada por diluvios de agua, unidos al conflicto del estremecimiento del suelo. (Francisco Antonio de Fuentes y Guzmán: Recordación Florida, Libro 4, Capítulo 8, Sociedad de Geografía e historia de Guatemala. Biblioteca Goathemala, Volumen VI, Tipografía Nacional, pag. 105, 1932).

El acto oficial de la tercera traslación de la ciudad de Santiago al Valle de Panchoy o Pancán, fue el 10 de marzo de 1543, donde floreció como la tercera ciudad de América y durante los 232 años y 9 meses que fue la sede de la Real Audiencia, Gobernación y Capitanía General de Guatemala, en ella residieron 37 presidentes, 16 obispos y 3 arzobispos.

Los fuertes sismos de Santa Marta, el 29 de julio de 1773, marcaron el fin de la metrópoli, el presidente Martín de Mayorga tuvo que trasladar la ciudad a un sitio más seguro y apartado de los volcanes. El cabildo abandonó Santiago el 29 de diciembre de ese mismo año.

Para realizar el nuevo traslado de la ciudad, se estableció una comisión nombrada en el año de 1773 que realizó su trabajo hasta el 4 de mayo de 1774, en la cual dicha comisión tuvo que examinar los lugares seleccionados para el

traslado; entre los cuales se encontraban: los valles de Jalapa, Jumay y La Ermita. Para la elección, la comisión realizó encuestas entre diversas personas conocedoras de los “valles”, para determinar el tipo de clima, régimen de lluvia y vientos, recursos naturales, abundancia o escasez, etc., llegando a la conclusión de que el lugar indicado debía ser el valle de la Ermita.

Este extenso valle, según las personas que fueron sometidas a la encuesta y las comprobaciones objetivas de la comisión, tenía entre sus múltiples características las siguientes: es propicio, benigno y completamente sano, lo que unido a la ausencia de las enfermedades (salvo de las vías respiratorias), permite a sus habitantes disfrutar de una larga vida. El valle con una extensión de 371 (trescientos setenta y un) caballerías, 4 (cuatro) cuerdas y 4,375 (cuatro mil trescientas setenta y cinco) varas cuadradas, recibe las lluvias durante los meses comprendidos entre mayo y octubre con mucha regularidad, para luego iniciarse en los vientos fuertes del norte de la estación seca, lo que unido a otras circunstancias especiales llevó en algunas oportunidades a los señores capitulares a afirmar que el país vive en “constante primavera”.

De los estudios hechos por la comisión en el valle de la Ermita, se puede llegar a la conclusión que éste era muy rico en recursos naturales y ofrecía de inmediato una serie de comodidades que fácilmente fueron aprovechadas al máximo. En primer lugar se refiere al agua que fue motivo de un estudio pormenorizado, que va desde el conocimiento de los distintos manantiales, hasta el análisis de su potabilidad.

La población aproximada de la ciudad en el año 1776 era de 16 700 habitantes. La selección del primer asentamiento para la Parroquia, fue el más septentrional de los valles, en el cual determina la tendencia natural de crecimiento hacia el sur. Este crecimiento es acentuado por la mayor atracción

que ejercen las regiones sur y occidente del país. El complejo regional, determina un sistema de interconexiones en forma de una X.

En el transcurso de esos años ocurren hechos históricos importantes, tales como el fin de la dominación española y el paso del poder a los criollos con la independencia nacional en 1821.

Para 1821 la población de la ciudad alcanzaba las 30 000 personas. A partir de la independencia, se inicia el proceso de un fenómeno determinante para la vida actual de la ciudad, el advenimiento de gobiernos ilustrados como el del doctor Mariano Gálvez (1831-1835), que dieron acogida a formas de pensamiento moderno y distinto a la tradición criolla y ya para concluir el siglo XIX la revolución Liberal (1871) transforma radicalmente las instituciones del país, tal es el paulatino paso del control de la propiedad del municipio a manos particulares, gobierno del general Justo Rufino Barrios, que quita por completo el control de la municipalidad sobre los ejidos municipales.

- 1822: Anexión con México provocando guerra civil que finaliza en 1823.
- 1828: Guerra Civil contra intrusos que se proponían derribar los gobiernos de El Salvador, Honduras, y Nicaragua; finaliza la guerra en 1829.
- 1829: No había alumbrado público, ni serenos, tampoco banquetas en las calles, sino una que otra en el centro de la ciudad, había escases de agua.
- 1831: Se lleva a cabo la presa de la Brigada, el saneamiento de la ciudad, el sistema de cárceles.

- 1850: Se pavimentan las calles y se les construyen banquetas y se iluminan las principales calles de la ciudad. Existe policía nocturna, se dota a la ciudad de agua en abundancia.
- 1855: se demarcan las calles y se numeran las casas.
- 1860: se divide a la ciudad en 5 barrios: La Candelaria, San Sebastián, El Calvario, Santo Domingo o de La Habana, El Sagrario.
- 1870: Se establece una nueva organización administrativa de trece cantones, reemplazando la vieja división de 5 barrios.
- 1871: Se confiscan los bienes eclesiásticos y se les cambia de uso.
- 1873 a 1885: Administración del General Justo Rufino Barrios.
- 1873: Se compran grandes extensiones de tierra para crear nuevos Cantones.
- 1876: Surge el Cantón La Paz, antiguo potrero de Bolaños, actual zona 8.
- 1877: Se elimina por completo el control de la Municipalidad sobre los ejidos municipales. Se comienza a construir el Hipódromo del Norte.
- 1879: Se completa el alumbrado público a gas.
- 1881: Construcción del camino a Jocotenango. Anexión del cantón Candelaria a la Parroquia. Lotificación de terrenos aledaños al cementerio cantón Barrios.

- 1882: Tranvía arriado a caballos.
- 1883: Construcción del cantón Elena. Diseño e indicación de la construcción del Boulevard de circulación de la ciudad que no llega a finalizarse.
- 1884: Inauguración del ferrocarril del sur. Introducción del servicio telefónico.
- 1885: Introducción del servicio eléctrico. Anexión del municipio de San Pedro las Huertas, como cantón La Independencia (hoy la Palmita, zona 5).
- 1886: Se unifican los municipios de Ciudad Vieja y la Villa de Guadalupe, para formar el municipio de Guadalupe.
- 1890: La población de la ciudad en éste año era de 71,527 habitantes.
- 1892 a 1898: Gobierno del general José María Reyna Barrios. Se inauguran los cantones: Exposición y Barrios, el paseo 30 de junio (Boulevard La Reforma).
- 1900: La ciudad alcanza los 100 000 habitantes y comienza el desarrollo suburbano de Tívoli y Santa Clara, se aceptan formas de vida extranjera.

A partir de 1917 a raíz del terremoto, el tranvía es eliminado y sustituido por pequeños buses, luego se establece un nuevo patrón en el transporte colectivo (el empresario privado), lo que hasta la fecha afecta la vida de la ciudad. En 1921 la ciudad estaba dividida en 17 cantones y 4 campamentos.

En la ciudad de Guatemala su período presidencial se caracteriza por una etapa intensa de construcción, principalmente en los de carácter monumental, como el Palacio Nacional, Correos, Policía Nacional, los salones de exposiciones en el campo de la feria, etc.

La ubicación céntrica de estos edificios afirma temporalmente una tendencia a la centralización especialmente en lo que se refiere a la actividad comercial, mientras tanto la expansión de la ciudad en lo que a viviendas se refiere, continúa dentro de los dos nuevos patrones básicos identificados – viviendas con carácter suburbano (chalets) y asentamientos de clases bajas-.

En este gobierno se produce una serie de cambios, los cuales inciden en el asentamiento urbano de la ciudad, como lo son:

- Se instruye la autonomía municipal.
- Se restringe casi absolutamente el poder del organismo ejecutivo, y por lo tanto la participación de los gobernadores departamentales en el desarrollo urbano.
- Se elaboran varios proyectos de ley sobre zonificación y planificación y un reglamento de lotificación (para control del tamaño de los lotes y su dotación de servicios a fin de lograr una densidad deseable y dar forma adecuada a la expansión de la ciudad), que fueron aprobados posteriormente.
- Se aprueba el Decreto 504, Ley de Arrendamientos y Edificaciones de Inmuebles de calles, del Ingeniero Raúl Aguilar Batres, vigente en la actualidad.

- Se aprueba también el proyecto para la numeración de las casas y numeración de calles, del ingeniero Raúl Aguilar Batres, vigente en la actualidad.

1.2.1. Delimitación y división de la ciudad de Guatemala

El crecimiento de la ciudad de Guatemala ha estado vinculado a la existencia de vías que comunican con los departamentos de oriente, nor-oriente, de occidente y del sur, que confluyen en el área donde fue fundada la capital. Al mismo tiempo, las mejoras de las mismas han dependido de la expansión y de la densificación de la ciudad. Al interior de la ciudad, las vías principales sirvieron de separación de los distintos espacios residenciales que se fueron creando en el transcurrir del tiempo, teniendo como característica especial un ancho mucho mayor en relación a las demás calles. La división de los cantones tuvo su demarcación con las principales vías o con los barrancos, cuyo fondo sirvió de límite. Los grandes ejes sirvieron de límites cantonales y de frontera entre los sectores que los habitaban.

En el centro de la ciudad de Guatemala, al igual que en otras ciudades, se desarrollaba la administración económica del país, destacándose las funciones de gestión, dirección y comercio, donde se expresaban las relaciones de producción en el plano urbano, también ahí se concentraban las actividades culturales en un espacio de convivencia y encuentro de los pobladores. (Antonio Zárate, 2001:98)

Con la numeración de los cantones, elaborada por el ingeniero Raúl Aguilar Batres, el Consejo Municipal de la Ciudad de Guatemala acordó aprobar los estudios presentados por la División de Desarrollo Urbano de la dirección de

Planificación, en donde se adoptaba y definía la nomenclatura en zonas (Prensa Libre, 29 de marzo de 1954).

La demarcación en barrios, cantones, zonas, lotificaciones y residenciales, permitía identificar áreas sociales de la ciudad; en las tablas I y II se muestran las urbanizaciones que conforman la zona 11 de la ciudad de Guatemala. Estaban conformadas por grupos de población semejantes, con estructuras residenciales que tenían implícitos factores que se diferenciaban sectorialmente. Con las medidas tomadas a principios de los cincuenta, se les daba el nombre de zonas a las áreas con población semejante, respetándose la configuración que habían tomado en el transcurrir del tiempo.

“Para los efectos de la nueva nomenclatura la ciudad capital fue dividida en zonas, tomando en cuenta para hacer esta división la fisonomía natural de los distintos barrios. Para numerar las calles y avenidas de cada una de estas zonas se fijaron vías ejes, procurando que las mismas fueran anchas vías de enlaces entre los diversos sectores de la ciudad, o lo que es lo mismo, que las vías ejes son las grandes avenidas o calles que comunican o dividen los barrios y limitan las orillas de las zonas”.

Durante el segundo gobierno de la revolución, precedido por el coronel Jacobo Árbenz Guzmán (1951-1954), se aprueban los estudios presentados por la división de desarrollo urbano de la dirección de la planificación de la municipalidad, sobre la zonificación de la ciudad de Guatemala que se referencia al anexo I.

1.2.2. Zona 11 de la ciudad de Guatemala

Es una de las zonas más populosas. En ella se encuentran: Museo Miraflores, centro comercial y hotel Tikal Futura, Hospital Roosevelt, Hospital

Rodolfo Robles, Sanatorio Hermano Pedro, varios centros comerciales, varias colonias, el mercado del Guarda y la Calzada Roosevelt, que la separa de la zona 7. Limita con el municipio de Villa Nueva (Municipalidad de Guatemala. Instituto geográfico Nacional (IGN), Marzo de 2006).

Los trabajos realizados en la década de los cuarenta fueron más allá de los límites anteriores. Se introdujeron, a diferencia de esas épocas, trabajos en otros sectores por ejemplo la pavimentación asfáltica y reparación de diversos tramos de calles y avenidas principales. La infraestructura construida en el lapso de 1940-1950, permitió la apertura de nuevas áreas para asentamientos de población. Fue un incentivo para la inversión en las lotificaciones, la construcción y el poblamiento de las mismas.

El colector, de 2,5 metros de diámetro y 1200 metros de longitud y 17 metros de profundidad que atraviesa la colonia El Progreso y la Granja Ruiz (zona 7) y la zona del Hospital Roosevelt (zona 11) (Ibíd., (p. 3), ofrecieron servicios que atrajeron y promovieron el crecimiento demográfico hacia esos lugares.

Todas las mejoras que se hicieron sentir con la modernización de las vías de comunicación y el traslado de los habitantes a lugares alejados del centro, redundaron en el incremento de los vehículos para la movilización. Paralelo al incremento de vehículos aumentaba también el uso de los buses urbanos, reflejándose también en este sentido el incremento de población.

Debido a estos el sector de la zona 11 resultó una de las mejores opciones para poblar, ya que se encontraba en las cercanías de las vías de comunicación y eso las hacía atractivas.

En la década de los cincuentas se realizaron también trabajos para un mejor abastecimiento de agua. La densificación de los sectores de la zona 11 obligó a la municipalidad a que se construyeran servicios de drenaje y alcantarillado apropiados para un mayor número de personas por lo que se construyeron grandes colectores en “La Reformita-Mariscal-Roosevelt”, colectores en zanjas de 4 metros de profundidad en la parte de menor altura y de 41 metros en la opuesta, beneficiándose las zonas 7, 11 y 12. (Ibíd., p.60).

Se incentivó el área sur con la construcción de la Avenida de Amatlán, que inició con la construcción del Trébol en 1959 (El Imparcial, 29 de mayo de 1957) hasta el km. 11 hacia el pacífico (Municipalidad de la ciudad de Guatemala. “Memoria 5 de agosto. p.68”). Así como la construcción de la calle del Mariscal era una finca situada al sur la ciudad, rodeada de manantiales y bosques. Fue urbanizada en la década de los años 1930. (Instituto Guatemalteco de Turismo, galería Guatemala: La ciudad de Guatemala para niños y jóvenes. Nuestros rasgos y símbolos culturales. Pág. 48.)

De suma importancia, por el crecimiento hacia lugares circunvecinos, es la construcción de la Calzada Roosevelt entre 1967-1968 y el paso a desnivel sobre el Hospital Roosevelt donde confluye dicha calzada (El Imparcial, 14 de junio de 1968).

Se implementó entre 1988 y 1989 el “Programa Urbano de Alimentos por Trabajo APT CARE” que realizó proyectos, como la construcción de la calzada “Las Charcas” en la zona 11, donde se construyó el paso a desnivel Las Charcas (frente al centro comercial Novicentro) haciendo viable la movilización desde la colonia San Cristóbal (Mixco) hacia la ciudad (Instituto Guatemalteco de Turismo, galería Guatemala: La Ciudad de Guatemala para niños y jóvenes. Nuestros rasgos y símbolos culturales).

Esta calzada contribuyó a descongestionar la Calzada Aguilar Batres, misma que la Corporación Municipal del periodo edilicio nombró “Rafael Piñol y Batres”. (Ibíd., p. 31), el nombre de la calzada Aguilar Batres, se debe al ingeniero urbanista Raúl Aguilar Batres, quien estableció la nomenclatura de calles y avenidas de la ciudad capital. Esta calzada fue realizada en época del licenciado Ramiro Ponce Monroy. Anteriormente a esta arteria se le conocía como Avenida de Amatitlán. (Instituto Guatemalteco de Turismo, galería Guatemala: La Ciudad de Guatemala para niños y jóvenes. Nuestros rasgos y símbolos culturales. Pág. 48.)

La municipalidad reportó que, entre 1986 y 1990, fue removido y nuevamente pavimentado el “corredor urbano” Calzada Aguilar Bátres (entre zona 11 y 12) (Municipalidad de Guatemala, Memoria de Labores 1991-1996, (Guatemala: Municipalidad de Guatemala. 1997), p.19).

En la última década del siglo XX y en los primeros años del siglo XXI, se realizaron los pasos a desnivel de la 13 calle zona 11 (CEJUSA) (Municipalidad de Guatemala, Memoria de Labores 1990. Informe anual del alcalde, Guatemala: Municipalidad de Guatemala. 1991, p. 24-28). Se pavimentó también la salida de la colonia San Cristóbal en la zona 11 en el área limítrofe con el municipio de Mixco (Municipalidad de Guatemala, Memoria de Labores 1991-1996, (Guatemala: Municipalidad de Guatemala. 1990, p. 35).

Así como el puente de Ciudad San Cristóbal, el cual está formado por dos puentes gemelos, uno para cada uno de los sentidos de la vía. El primero fue construido en los años setenta, como parte de la vía que conduce a la urbanización de Ciudad San Cristóbal. El otro fue construido a finales del siglo pasado como parte de la construcción de la vía de retorno. Este conjunto une la zona 11 de la ciudad capital con Ciudad San Cristóbal (Mixco) (Instituto

Guatemalteco de Turismo, galería Guatemala: La Ciudad de Guatemala para niños y jóvenes. Nuestros rasgos y símbolos culturales).

1.2.3. Aspectos socioeconómicos

El estrato social más representativo de la zona 11, es el de mediano y bajo poder adquisitivo; esto debido a la centralidad de la zona respecto a áreas comerciales importantes. Son entonces personas integrantes de una sociedad comercial y familiar de bajo y mediano poder adquisitivo.

La calidad de vida en esta zona es relativamente precaria. Esto debido a su deterioro, provocado por diversos factores, entre los cuales se puede contar la ubicación del Mercado el Guarda (ver tabla III, mercados que conforman la zona 11), cuya expansión irregular y poco planificada ha afectado de sobremanera la imagen urbana del sector. Asimismo, la proliferación de la delincuencia dentro de sus límites, constituye otro factor muy influyente en las condiciones precarias de calidad de vida de las personas que allí habitan.

Las precarias condiciones de calidad de vida de los habitantes de la zona 11 afectan su estado psicológico. Caracterizándose este por el intenso temor a causa de los altos niveles de criminalidad dentro del sector. De la misma manera la falta de áreas de recreación y esparcimiento genera niveles de estrés elevados, teniendo esto como consecuencia estados de ira, depresión y otros que bien pueden desembocar en violencia intrafamiliar, alcoholismo, drogadicción, entre otros.

Entre las actividades que se llevan a cabo en el interior de las viviendas se pueden contar: alimentación, aseo (personal y de vestimentas, así también de la misma vivienda), recreación, descanso y actividades sociales, de vez en

cuando. Es importante mencionar que entre las actividades de aseo se cuentan las de lavado de ropa, que generalmente, ya sea por costumbre o por las limitaciones económicas de la población, se realiza de forma manual, generalmente una vez a la semana.

Tabla I. **Urbanizaciones y colonias autorizadas por la Municipalidad de Guatemala en la zona 11**

| Nombre | Aprob. | Nombre | Aprob. |
|------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Carabanchel | 1943 | G & T III | 1970 |
| Roosevelt | 1952 | Guate Contry Club | 1970 |
| Miraflores | 1959 | Ziguan Tinamil | 1974 |
| Maulo Ballerinit | 1960 | G & T IV | |
| Loma Linda I | 1962 | Ziguan Tinamit | 1974 |
| El Mirador I | 1964 | Granai & Towson IV | 1976 |
| Granai Towson | 1964 | Granai & Towson V | 1977 |
| loma Linda II | 1964 | Asfalgua S.A. | 1978 |
| II | 1964 | Villa Sol II | |
| INGUAM S.A. | 1964 | Valle de Almaría | |
| Primavera | 1965 | Valle Claro | |
| La Joya I | 1965 | Villas de Mariscal | |
| El Mirador II | 1966 | Las Majadas | |
| Granai & Towson | 1966 | | |

Fuente: CASTRO MONTERROSO Héctor Santiago. Las formas de Producción de la Vivienda en el área urbana de Guatemala. (Caso específico: la vivienda productiva en el sector Privado). Guatemala. Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis de Arquitectura. 1982. p. 80.

Tabla II. **Colonias que conforman la zona 11**

| | | | |
|----|----------------------|----|------------------------|
| 1 | Progreso | 18 | Angelandia |
| 2 | Las Charcas | 19 | Crédito Hipotecario |
| 3 | Granai y Townson I | 20 | Buenos Aires |
| 4 | Granai y Townson II | 21 | Toledo |
| 5 | Granai y Townson III | 22 | El tesoro |
| 6 | El Mirador I | 23 | Arenales |
| 7 | El Mirador II | 24 | Sierra |
| 8 | Loma Linda I | 25 | Mariscal |
| 9 | Loma Linda II | 26 | Roosevelt |
| 10 | La Joya I | 27 | Vista Bella |
| 11 | La Joya II | 28 | Jardines de Utatlán II |
| 12 | Miraflores | 29 | San Antonio |
| 13 | Carabanchel | 30 | Inguansa |
| 14 | González | 31 | Ziguán Tinamit |
| 15 | Alvarado | 32 | Ballarini |
| 16 | Hugo Bendfeldt | 33 | Primavera |
| 17 | Del Periodista | 34 | Granai y Townson IV |

Fuente: Municipalidad de Guatemala.

El área de la zona 11 presenta espacios libres, los cuales en determinado momento se convertirán en áreas de crecimiento de la ciudad.

Estas áreas están en la orilla del anillo periférico a la altura de las colonias el Mirador I y II, la zona se desarrolla sobre terreno relativamente plano en su mayoría, la parte más alta se localiza en la colonia El Mirador a 1550 MSNM.

Tabla III. **Mercados que conforman la zona 11**

| Mercado | Dirección | Comercios |
|----------------|--------------------------------|------------------|
| Cantonal | 3ª. Av. entre 2ª. Y 3ª. calle, | 2,899 |
| Cantonal | 12 Av. y 11 calle, zona 11 | 264 |
| Satélite | 12 Av. entre 4ª. Y 5ª. calle, | 79 |

Fuente: Municipalidad de Guatemala.

1.2.4. **Clima**

El clima de la zona 11 de la ciudad de Guatemala, posee los mismos valores de: brillo solar, dirección y velocidad del viento, humedad relativa, nubosidad, radiación solar, temperaturas máximas y mínimas y precipitación que el resto de todas las zonas de la ciudad capital. La precipitación pluvial correspondiente a la ciudad de Guatemala interviene directamente en la zona 11, es de 1 179,9 mililitros anuales, hay meses donde la lluvia es bastante fuerte y la cantidad de lluvia que cae es importante para cualquier situación que presente la zona estos meses son julio-septiembre con una precipitación pluvial de 253,3 y 233,1 milímetros por mes. Lo que se representa en las tablas IV-VI corresponde a datos de la estación INSIVUMEH, localizada en la ciudad de Guatemala, durante los años 2008-2010.

Tabla IV. **Promedios mensuales y anuales de temperatura máxima en grados centígrados**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 2008 | 23.9 | 25.4 | 26.1 | 27.6 | 27.3 | 24.5 | 24.4 | 25.6 | 24.9 | 24.2 | 23.8 | 24.6 | 25.2 |
| 2009 | 24.3 | 25 | 25.3 | 27.4 | 26.5 | 26.3 | 26.1 | 25.9 | 26.8 | 26.5 | 25.1 | 24.6 | 25.8 |
| 2010 | 24.2 | 26 | 27.9 | 27.7 | 26.5 | 25.1 | 25.2 | 24.7 | 24.6 | 24.5 | 24 | 22.9 | 25.3 |

Fuente: Datos obtenidos de INSIVUMEH.

Tabla V. **Promedios mensuales y anuales de temperatura mínima en grados centígrados**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 2008 | 2 | 1 | 3 | 5 | 10 | 25 | 24 | 22 | 25 | 17 | 0 | 0 | 11.17 |
| 2009 | 0 | 2 | 0 | 1 | 13 | 20 | 15 | 16 | 15 | 15 | 10 | 3 | 9.17 |
| 2010 | 0 | 1 | 0 | 11 | 18 | 22 | 25 | 29 | 21 | 6 | 5 | 0 | 11.50 |

Fuente: Datos obtenidos de INSIVUMEH.

Tabla VI. **Acumulados mensuales y anuales de lluvia en milímetros mm**

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|------|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| 2008 | 3.3 | 11.9 | 3.4 | 22.4 | 169.6 | 460.3 | 410.6 | 187.3 | 354.8 | 67.4 | 0 | 0 | 1691 |
| 2009 | 0 | 4 | 0 | 17.3 | 161 | 189.6 | 94.4 | 141.5 | 90.2 | 81.2 | 130.5 | 29.5 | 939.2 |
| 2010 | 0 | 1.3 | 0 | 108.2 | 427.4 | 376.9 | 317.4 | 470.8 | 342.9 | 27 | 6.4 | 0 | 2078.1 |

Fuente: Datos obtenidos de INSIVUMEH.

1.2.5. Hidrografía

Se encuentra dividida en tres vertientes: la sur que desemboca en el océano Pacífico, la vertiente norte que desemboca en el océano Atlántico y la que desemboca en el Golfo de México. En el sector de estudio se encuentra una configuración de red de tuberías que abastece satisfactoriamente las necesidades de los usuarios.

1.2.6. Geomorfología y orografía

Se ha dado en el área, como resultado de deformaciones causadas por agentes naturales, de meteorización y erosión sobre depósitos volcánicos, sedimentos y rocas profundas. En el área se distinguen cuatro unidades

hidrogeológicas; depósitos volcánicas, calizas. En la región predominan las rocas volcánicas sin dividir, incluye tolvas coladas de lava, material ahárico y sedimentos volcánicos.

1.2.7. Características geofísicas

El área en estudio está asentada en un terreno de relieve con pendiente variada, que oscila entre el 0 al 25 por ciento de pendiente, que proporciona características adecuadas para el uso urbano y residencial

1.2.8. Datos demográficos y crecimiento poblacional

Como se puede observar en las VII y VIII, a medida que pasa el tiempo decrece el nivel poblacional. En la tabla IX, se puede observar que entre los años 2002 al 2010 se obtuvo un déficit poblacional de -0,06; en la tabla X, se observa que a medida que incrementa el tiempo incrementa el número de viviendas. Por lo tanto se puede concluir que a medida que transcurre el tiempo y decrece la población aumenta el número de viviendas; por lo que debería de haber un incremento en el consumo de agua potable, debido a la cantidad de viviendas aunque se note un déficit poblacional.

Tabla VII. **Población de la zona 11 del municipio de Guatemala en los años 2002-2010**

| Año | 2002 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| P.T. | 39 669 | 37 348 | 35 162 | 33 104 |

Fuente: INE, herramientas para el análisis demográfico, Guatemala Instituto Nacional de Estadística, 2002.

Tabla VIII. **Tasas de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 11 de la ciudad de Guatemala años 1950-2002**

| 1950/1964 | 1964/1973 | 1973/1981 | 1981/1994 | 1994/2002 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11.3 | 3.6 | 0.3 | -1.7 | -0.01 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Tasas de crecimiento intercensal de la población que habita la zona 11 de la ciudad de Guatemala años 2002-2010**

| Año | Tasa de crecimiento |
|-----------|---------------------|
| 2002/2008 | -0,01 |
| 2008/2009 | -0,06 |
| 2009/2010 | -0,06 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Número total de viviendas en la zona 11**

| Año | Número de viviendas |
|------|---------------------|
| 1964 | 6 101 |
| 1973 | 8 123 |
| 1981 | 11 715 |
| 1994 | 9 667 |
| 2002 | 11 463 |

Fuente: elaboración propia con datos de INE.

2. PROBLEMÁTICA DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA EN LOS AÑOS 2008-2010

Recabando información de si existían antecedentes de algún trabajo relacionado al de esta tesis de graduación de Evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010, no se encontró ninguna investigación de parte de instituciones privadas, públicas o municipales relacionadas con dicho tema.

Por tanto dicho trabajo es un aporte al tema descrito. Según la encuesta realizada, no se tiene un correcto control de consumo de agua ya que en algunos sectores de la zona 11, las tarifas son únicas de parte de la municipalidad y no se guían por el consumo que marca el contador de la vivienda o el negocio. En la mayoría de las ocasiones cuando sucede esto, es debido al nivel económico del propietario o residente, ya que en colonias privadas tratan de mantener un estándar en la tarifa que en los domicilios que no se encuentran en este tipo de colonias.

Debido al incremento poblacional en esta zona y al número de casas que se han construido en los últimos años, ha sido necesario que dos entidades sean las encargadas de abastecer este sector de la ciudad capital, como lo son: la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) y la Empresa del Agua del Mariscal, uno de los problemas que se puede denotar entre estas empresas es que no tienen una red de agua potable definida ya que en un sector se puede encontrar que en una vivienda distribuye EMPAGUA y en la vivienda continúa distribuye Mariscal, lo que causa problema debido a que no hay un orden

específico para poder reparar tuberías o algún tipo de problema que se dé sobre el abastecimiento de esta zona.

No todo el sector de la zona 11 tiene un buen abastecimiento continuo de agua potable ya que en algunos sectores no llega todo el día sino solo algunas pocas horas establecidas.

Según el Ing. Manuel Puente, jefe de la unidad de distribución sector sur de la ciudad de Guatemala, declara lo siguiente: “Uno de los problemas más grandes que tiene EMPAGUA, con la distribución de agua potable en la zona 11, es que existen muchas fugas en la red de distribución, ya que todavía se encuentran tuberías de asbesto y cemento que proporcionan el abasto de agua potable. Otro de los mayores problemas es abastecer diariamente al Hospital Roosevelt, ya que por sus antiguas instalaciones que se encuentran demasiado deterioradas, se produce diariamente un gran desperdicio de agua potable, para tener una idea de cuánto consume esta entidad pública, se podría colocar un tanque de almacenamiento de dimensiones como el TP1 o TP9 solo para el Hospital y el tanque solo serviría para abastecer el hospital por un día. Este Hospital es el mayor consumidor de agua en toda la zona 11”.

En la zona 11 de la ciudad de Guatemala, a lo largo del 2011, se repararon 1 129 fugas; se atendieron 366 faltas de agua locales, y se hicieron 66 rellenos.

Debido a las fugas que se encuentran en la zona 11 de la ciudad de Guatemala, existe un gran desperdicio de agua potable, esto no solo se da en las redes de distribución, sino dentro de las casas, ya que muchas por ser casas antiguas dentro de las mismas hay una gran cantidad de fugas, incrementando así el consumo del agua.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de esta investigación se llevaron a cabo diferentes tipos de trabajo, primero se hizo un reconocimiento de campo de la zona 11 de la ciudad capital en el cual se realizaron diferentes visitas o recorridos para poder reconocer los puntos que se consideraban más importantes para poder hacer el estudio como comercios e industrias grandes, además de los residenciales.

Luego se elaboró una encuesta con el fin de conocer el consumo de agua potable, se recabó información bibliográfica para conocer más sobre el consumo de agua o si había algún tipo de información de ese tipo, en el cual se corroboró que no existía una fuente de información acerca de este tipo. Finalmente se realizó un trabajo de campo a través de la encuesta y se realizó una descripción estadística en la cual se puede mostrar el consumo de agua potable para el sector domiciliar, comercial e industrial.

Se recabaron datos de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) y con estos datos obtenidos se comparó con los datos de la encuesta realizada para verificar que tanto coincidían estos datos, una de las variantes es que la Empresa Municipal de Agua no tiene datos sectorizados en domiciliar, comercial e industrial; debido a ello no se pudo realizar una comparación detallada, así que se realizó una comparación global entre ambas para ver que tanto se acercaba una de la otra.

3.1. Encuesta

La metodología de esta investigación fue de carácter descriptivo a través de diferentes bibliografías de tipo histórico, ambiental, saneamiento, agua, etc. Pero lo más relevante fue la investigación de campo que se realizó por medio de una encuesta sobre consumo de agua potable, en donde se requerían datos como: ¿cuenta usted con servicio de agua?, ¿qué empresa le distribuye el servicio?, ¿cuánto consume al mes?, ¿tiene cisterna?, ¿posee pozo propio?, etc. Este estudio se realizó en diferentes puntos de la zona 11, para obtener un dato representativo de cuanto se consume en promedio en cada uno de los sectores. Los puntos de estudio fueron: Aguilar Bártres, Trébol (El Guarda), Periférico, Majadas, Granai & Townson, Miraflores, Carabanchel, Monte María II y Roosevelt.

Para la realización de la encuesta se sacaron muestras en el sector domiciliar, comercial e industrial, para sectorizar el consumo en cada una de ellas y para poder ver quién es el mayor consumidor en esta zona. Como se muestra a continuación:

3.1.1. Muestra domiciliar

La muestra de la población domiciliar de la zona 11 de la ciudad de Guatemala se muestra a continuación.

Calculo de la muestra (n)

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{(N-1)\Delta^2}{Z^2} + Z^2}$$

Donde

N= población en estudio

$Z^2 = 1,96$ (constante relacionada al nivel de confianza)

$\Delta^2 =$ limite aceptable de error muestral= 5% (0.05)

$\sigma^2 =$ desviación estándar, se asume 0.5

$N = 11\ 463$

$Z^2 = 1,96$

$\Delta^2 = 0,05$

$\sigma^2 = 0,5$

$$n = \frac{11463 \times 0.5}{\frac{(11463-1) \times 0.05}{1.96} + 1.96} = 19.47 \cong 20$$

El cálculo de la muestra (n) da como resultado 20, sin embargo se realizo la encuesta a 58 domicilios.

3.1.2. Muestra comercial

Donde

$N =$ población en estudio

$Z^2 = 1,96$ (constante relacionada al nivel de confianza)

$\Delta^2 =$ limite aceptable de error muestral= 5% (0.05)

$\sigma^2 =$ desviación estándar, se asume 0.5

$N = 11\ 463$

$Z^2 = 1,96$

$\Delta^2 = 0,05$

$\sigma^2 = 0,5$

$$n = \frac{11\ 463 \times 0,5}{\frac{(11\ 463-1) \times 0,05}{1,96} + 1,96} = 19,47 \cong 20$$

El cálculo de la muestra (n) da como resultado 20.

3.1.3. Muestra industrial

La muestra para el consumo industrial de la zona 11 de la Ciudad de Guatemala se muestra a continuación.

Cálculo de la muestra (n)

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{(N-1)\Delta^2}{Z^2} + Z^2}$$

Donde

N= población en estudio

$Z^2= 1,96$ (constante relacionada al nivel de confianza)

$\Delta^2=$ limite aceptable de error muestral= 5% (0.05)

$\sigma^2=$ desviación estándar, se asume 0.5

N= 329

$Z^2= 1,96$

$\Delta^2= 0,05$

$\sigma^2= 0,5$

$$n = \frac{329 \times 0,5}{\frac{(329-1) \times 0,05}{1,96} + 1,96} = 15,93 \cong 16$$

El cálculo de la muestra (n) da como resultado 16, sin embargo se realizó la encuesta a 5 industrias, ya que en estas era mucho más difícil que se diera información al respecto por ser empresas privadas que tienen políticas de no proporcionar información de ningún tipo.

4. RESULTADOS

Las empresas distribuidoras de agua potable en la zona 11 son la Empresa Municipal de Agua y la compañía de Agua del Mariscal. A continuación se denotan los resultados del consumo registrados de EMPAGUA, más no de Mariscal, debido a que no se pudo recabar ningún tipo de información de este ente. Así como también el resultado de la encuesta realizada en este sector.

4.1. Entes encargados del abastecimiento de agua potable

Las empresas que abastecen de agua potable a la zona 11 de la ciudad de Guatemala, son:

- **EMPAGUA:** en la cual la máxima fuente de abastecimiento es la planta Lo de Coy, abastecida por los ríos Xayá-Pixcaya.
- **Compañía del Agua Mariscal:** es una entidad privada que abastece a ciertos puntos de la ciudad capital. A continuación se detalla más sobre estas entidades.

4.1.1. Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA)

Es una dependencia de la Municipalidad de Guatemala y fue creada mediante el Acuerdo del Consejo de la Municipalidad de Guatemala del 28 de noviembre de 1972, con el objeto de prestar, mantener, mejorar y ampliar el

servicio municipal de agua potable en la ciudad de Guatemala y su área de influencia urbana. A pesar de que formalmente está supeditada a la Municipalidad de Guatemala, mediante la presencia mayoritaria de ésta en puestos clave de su Junta Directiva, así como por la voz definitiva del Consejo Municipal en las decisiones fundamentales sobre fijación de tarifas, autorización del presupuesto y aprobación de todas las contrataciones importantes. (CEPIS-OPS, 2001).

Según el Ing. Manuel Puente, jefe de la Unidad de Distribución Sector Sur de la ciudad de Guatemala, declara lo siguiente: “La empresa municipal de agua abastece la capital con un total de aproximadamente 388 000 metros cúbicos por día, para lo cual tiene seis plantas de tratamiento, siendo estas: el Cambray y estación de bombeo Hincapié, Santa Luisa, Planta de bombeo Ojo de Agua, Las Ilusiones y Planta de bombeo el Atlántico y Xayá-Pixcayá y planta de bombeo Lo de Coy. De estas plantas de abastecimiento, la encargada de proveer de abasto de agua a la zona 11 de la ciudad de Guatemala es la planta de tratamiento Lo de Coy”.

4.1.2. Compañía del agua Mariscal, S.A.

Según González Ruiz, Ricardo: Guatemala de hoy. Mayo de 1960. Págs. 175, 176. Declara: “Al sur de la capital, en los profundos barrancos de la finca Las Charcas, célebre en la historia centroamericana, existía una pequeña rueda que elevaba a la casa de la hacienda una pequeña cantidad de agua cristalina. Las vertientes eran fuertes, de los cortes naturales de peñas arenosas, brotaba el agua clara como de grandes filtros naturales. Las fuentes estaban muy por debajo del nivel de la ciudad y de esta condición nacía el poco interés que dicha riqueza ofreciera. Faltaba para ello un espíritu emprendedor y éste surgió inesperadamente de un hombre de empresa.

La ciudad disfrutaba de dos anticuados servicios de agua llegada por medio de dos viejos acueductos coloniales, conocidos con los nombres de Mixco y Pinula. Pero las viejas arquerías, los depósitos de sedimentación y lo anticuado de la distribución, ya no prestaban el servicio que ameritaba la ciudad que se iba modernizando y creciendo. A fines del siglo pasado, hubo otro ensayo y se introdujo el agua de Acatán, pero el material usado era pobre y a las fechas, estaba inservible. También la iniciativa particular había contribuido con otra fuente por el lado norte, conocida por “Agua del Raicero”, más sin embargo, la ciudad de Guatemala, era la más atrasada del mundo en materia de distribución de agua; pocas casas tenían baño y un reducido número de ellas disfrutaba de los servicios sanitarios del caso.

De aquí la necesidad de un nuevo sistema que, en forma moderna, prestara el servicio indispensable para completar la modernización de la ciudad. A instancia de varios hombres de negocios, se formó la sociedad anónima que explota la empresa de hoy, con capital guatemalteco. El contrato con el gobierno, para la introducción del agua a la capital se celebró, el 17 de junio de 1927 y la compañía, en todas sus formalidades, quedó establecido el primero de agosto de 1928.

Ya con este adelanto de seguridad, se hicieron los trabajos preliminares canalizando las aguas del río Mariscal en confluencia con el Molino, en el sitio que se estimó más oportuno. Discutido el contrato con el gobierno en la Asamblea Legislativa de año 28, hubo de ser retirado; pero en nada disminuyó este contratiempo el empuje de la sociedad y durante los años 1928 a 1930 se formalizó en el lugar la primera planta de purificación de servicios de agua potable que se conoce en Centro América. Todos los materiales de la planta fueron traídos de Europa y se construyó de acuerdo con las exigencias

sanitarias más modernas y completas. Tanto la planta como el depósito de abastecimiento de la red de distribución, fueron instalados durante el año 1929.

Los escépticos miraban con poco entusiasmo estos trabajos; pero el primero de enero de 1,930, la Compañía principió a dar el servicio que sus abonados pidieron. La capacidad de las fuentes era de unos 15,000 metros cúbicos diarios. Ardua fue la tarea de la distribución: grandes ramales se extendieron por la ciudad hasta llegar a lograr la actualidad siete mil quinientas conexiones que consumen aproximadamente el 75 por ciento del caudal de las fuentes de la empresa.

La calidad y pureza del agua del Mariscal es controlada por la Dirección General de Sanidad, en la que la Compañía mantiene un laboratorista haciendo los análisis correspondientes continuamente y cabe hacer la observación que, desde su fundación hasta la fecha no se ha dejado de prestar un solo día de servicio, ni se ha tropezado con descomposiciones del liquido por ningún motivo, tan usuales en las empresas que prestan esta clase de servicio en las grandes ciudades”.

4.2. Descripción de las plantas de tratamiento y pozos de agua potable.

La planta de tratamiento encargada de suministrar agua a la zona 11 de la ciudad de Guatemala, es la planta de tratamiento Lo de Coy, el cual capta agua superficial de los ríos Xayá-Pixcayá. También se encuentra la compañía del agua del Mariscal que posee pozos, más sin embargo no se logró recabar información acerca de estos. Entre los pozos de abastecimiento de esta zona, la Empresa Municipal de agua no cuenta con pozos, los pozos que se

encuentran son privados y la mayoría que hace uso de ellos son los comercios grandes y las industrias.

4.2.1. Planta de tratamiento Lo de Coy

La Planta de tratamiento de agua potable Lo de Coy está ubicada en el kilómetro 17,5 carretera Interamericana, en la aldea Lo de Coy en el municipio de Mixco y el departamento de Guatemala. Su producción máxima es de 14 696 metros cúbicos por día; (1 640 litros por segundo) producción promedio mensual 1 506 litros por segundo; su fuente de abastecimiento es de origen superficial por medio de la captación de los ríos Xayá Pixcayá.

La Planta de tratamiento Lo de Coy posee las siguientes unidades de tratamiento o reactores: caja de entrada, canal de entrada, canal de mezcla rápida, canal de mezcla lenta, sedimentadores, filtros y tanque de almacenamiento.

- Caja de entrada: las líneas de conducción se inician en el altiplano e ingresan a la planta por medio del acueducto Xayá Pixcayá por la entrada en la cual se puede regular el caudal el caudal de agua cruda que se desea tratar y atrapar lo desechos sólidos grandes y el exceso se hace rebalsar hacia el desfogue de agua cruda.
- Canal entrada: el canal de entrada tiene la función de medir el caudal de agua que ingresa a la planta para su tratamiento, el cual, lo que se efectúa por medio de un medidor de caudal tipo Parshall y se efectúa la precoloración; los caudales que ingresan fluctúan entre 800 a 1,840 litros por segundo y turbiedades de 15 a 5,000 unidades.

- Canal de mezcla rápida: lugar donde se aplican los químicos a través del cuarto de máquinas, en el cual puede hacer cuatro tipos de dosificaciones de sulfato de aluminio, polielectrolito, cal hidratada y sulfato de cobre.
- Canal de mezcla lenta: lugar donde se efectúa la floculación a través del canal formando por pantallas que desvía el agua en forma serpenteada, con el fin de reducir la velocidad del caudal. En este canal por la acción del sulfato de aluminio se van uniendo partículas pequeñas de lodo y el sulfato de aluminio formando otras de mayor tamaño, para que en el siguiente proceso por su propio peso se depositen en el fondo de los tanques sedimentadores.
- Sedimentadores: a continuación de los floculadores, existe un canal que distribuye el agua hacia cuatro tanques sedimentadores de tipo convencional y que se alimentan por medio de paredes con perforaciones (tanques agujerados) con el fin de reducir velocidad y que ingrese el agua en forma compensada al tanque. En la salida de cada uno de los sedimentadores, existen canales en la superficie que recolecta el flujo ascendente de agua ya sedimentada a través de los orificios que tiene cada uno. Existe una tubería que interconecta los tanques sedimentadores y los filtros.
- Filtros: los filtros que operan en la planta tienen la función principal de remover toda aquella materia en su suspensión que no fue sedimentada en el proceso anterior. Los filtros actuales son denominados filtros rápidos a presión, cuyo lecho es compuesto de grava, piedrín y arena Antracita.
- Tanque de almacenamiento: el agua filtrada es conducida por un caudal totalmente cerrado al tanque de almacenamiento, en este canal se

efectuará la cloración final, la que posteriormente es conducida a otros tanques de distribución, ubicadas en los diferentes puntos de la ciudad. Existe un tanque de 25,000 m³; la turbiedad del agua aquí fluctúa 1.0 a 2.5 de turbiedad como máxima.

La Planta de tratamiento Lo de Coy, da un abastecimiento de 1500 a 1600 litros por segundo en época de invierno y 900 a 1000 litros por segundo en época de verano en la ciudad capital. De esta cantidad le es suministrada a la zona 11 340 litros por segundo.

En época de verano decrece el caudal y para compensarlo se suministra agua de la planta ojo de agua, para satisfacer la demanda del consumo de agua potable en la zona.

El volumen del tanque de almacenamiento de la Planta de tratamiento Lo de Coy es de 25 480 metros cúbicos y se encuentra a una altura de 1 679 metros sobre el nivel del mar. Lo que hace posible por la topografía del lugar suministrar agua a casi todas las zonas de la ciudad capital. En la zona 11 de la ciudad de Guatemala existen dos tanques de almacenamiento que vienen de aguas tratadas de la Planta Lo de Coy.

El tanque de almacenamiento TP1, se encuentra ubicado en la 35 Avenida y sexta calle, Jardines de Tikal, zona 7 a 1 570 metros sobre el nivel del mar. Posee una capacidad de almacenamiento de 5 200 metros cúbicos y la tubería de salida del tanque tiene un diámetro de 24 pulgadas. El tanque de almacenamiento TP9, se encuentra ubicado en la 37 Avenida de la calzada San Juan, zona 7 a 1 580 metros sobre el nivel del mar. Posee una capacidad de almacenamiento de 8 125 metros cúbicos y la tubería de salida del tanque tiene un diámetro de 32 pulgadas.

4.2.2. Pozos existentes de la zona 11

La zona 11 de la ciudad de Guatemala no posee pozos provenientes de EMPAGUA, la Empresa de Agua del Mariscal si posee pozos para la distribución del agua potable, sin embargo no se logró recabar información sobre estos pozos existentes. Los pozos existentes en esta zona que sirven para utilizarlos como distribuidor de agua, los poseen solamente algunas entidades privadas como las industrias y grandes comercios o edificios.

4.3. Datos obtenidos de las empresas encargadas de abastecer agua potable en la zona 11

Las empresas encargadas de la distribución del agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala es, la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en donde esta es la mayor empresa distribuidora de dicha zona y la Empresa privada del Agua del Mariscal, en donde en esta última no se logró recabar información, debido a que no se proporcionó de parte de ellos.

4.3.1. EMPAGUA

La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), es la mayor distribuidora para proveer de abasto de agua a la zona 11 de la Ciudad de Guatemala. La Planta de tratamiento Lo de Coy suministra a esta zona 11,340 litros por segundo a través de los ríos Xayá-Pixcayá. La tabla XI muestra los datos de consumo de agua potable según la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) para este sector. La tabla XII contiene los datos de consumo domiciliar mensual en cada una de las viviendas según datos de la encuesta.

Tabla XI. **Datos de consumo de agua en m3 y cantidad de usuarios**

| MESES | AÑO 2008 | | AÑO 2009 | | AÑO 2010 | |
|------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| | Consumo m3 | Cantidad de usuarios | Consumo m3 | Cantidad de usuarios | Consumo m3 | Cantidad de usuarios |
| Enero | 405 608 | 12 646 | 447 795 | 12 579 | 415 602 | 12 635 |
| Febrero | 390 249 | 12 634 | 446 227 | 12 582 | 431 382 | 12 633 |
| Marzo | 425 704 | 12 627 | 430 153 | 12 586 | 408 480 | 12 637 |
| Abril | 432 031 | 12 631 | 441 156 | 12 587 | 417 186 | 12 650 |
| Mayo | 419 185 | 12 612 | 421 984 | 12 593 | 443 870 | 10 693 |
| Junio | 441 143 | 12 554 | 451 176 | 12 602 | 477 809 | 10 702 |
| Julio | 518 212 | 12 557 | 427 959 | 12 606 | 421 904 | 10 714 |
| Agosto | 358 638 | 12 564 | 457 374 | 12 610 | 490 847 | 10 745 |
| Septiembre | 450 628 | 12 567 | 419 664 | 12 612 | 454 140 | 10 732 |
| Octubre | 423 252 | 12 569 | 433 274 | 12 611 | 450 960 | 10 735 |
| Noviembre | 439 834 | 12 570 | 449 517 | 12 627 | 447 724 | 10 768 |
| Diciembre | 401 067 | 12 568 | 414 290 | 12 628 | 466 827 | 10 777 |

Fuente: datos proporcionados por EMPAGUA, unidad de información.

4.4. **Resultados obtenidos de la encuesta**

La encuesta se realizó en diferentes puntos de la zona 11 como se mencionó anteriormente. En las tablas XII-XIV se presenta una tabulación de datos de la encuesta y gráficos en relación a su porcentaje.

La encuesta se realizó para consumo domiciliario (ver tabla XXXI, en apéndice), comercial (ver tabla No XXXII, en apéndice) e industrial (ver tabla No XXXIII, en apéndice) en el cual el número de comercios fue de 3 642, el de industrias 568 y el número de casas fue de 11 463.

Con la muestra ya obtenida se logró establecer los siguientes datos según las encuestas realizadas: para el sector industrial se determinó que EMPAGUA cubre el 40 por ciento, la empresa privada de agua Mariscal cubre el 0 por ciento y el 60 por ciento posee pozo propio. Para el sector comercial se determinó que EMPAGUA cubre el 77,14 por ciento, la empresa privada de agua Mariscal cubre el 20 por ciento y el 2,86 por ciento posee pozo propio. Para el consumo domiciliario se determinó que el 100 por ciento recibe agua proveniente de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

El consumo de agua potable para la zona 11 de la ciudad de Guatemala, según las encuestas realizadas proporcionan los siguientes datos: para el sector domiciliario se tiene 34,1 metros cúbicos por mes, con una densidad de 5 personas por vivienda lo cual representa 227,33 litros habitante por día lo cual es un dato elevado con respecto a la media consumida promedio. Para el sector comercial se obtuvo un consumo promedio de 149,53 metros cúbicos por mes, lo cual representa 4 984,33 litros comercio por día. Para el sector industrial se obtuvo un consumo promedio de 386,60 metros cúbicos por mes, lo cual representa 12 886,67 litros industria por día.

Los comercios y las industrias son de diversos tipos y magnitudes en dicha zona lo cual en promedio nos da un resultado de 155 personas que trabajan en los comercios y 96 personas en las industrias.

A continuación se muestran en las tablas XVII, XVIII y XIV los consumos de agua domiciliario, comercial e industrial, según datos de encuesta realizada. En las tablas XV y XVI, se muestran la tabulación de los datos estadísticos del consumo de agua potable en los años 2008-2010 según EMPAGUA y según encuesta realizada.

Tabla XII. **Consumo domiciliar mensual en cada una de las viviendas según datos de la encuesta**

| Vivienda No. | Consumo m3 | Vivienda No. | Consumo m3 | Vivienda No. | Consumo m3 |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 42 | 20 | 39 | 39 | 43 |
| 2 | 42 | 21 | 60 | 40 | 34 |
| 3 | 18 | 22 | 24 | 41 | 15 |
| 4 | 15 | 23 | 36 | 42 | 56 |
| 5 | 22 | 24 | 40 | 43 | 24 |
| 6 | 17 | 25 | 17 | 44 | 24 |
| 7 | 36 | 26 | 49 | 45 | 32 |
| 8 | 35 | 27 | 15 | 46 | 34 |
| 9 | 12 | 28 | 36 | 47 | 50 |
| 10 | 18 | 29 | 43 | 48 | 40 |
| 11 | 22 | 30 | 24 | 49 | 121 |
| 12 | 25 | 31 | 39 | 50 | 46 |
| 13 | 38 | 32 | 24 | 51 | 35 |
| 14 | 30 | 33 | 40 | 52 | 40 |
| 15 | 20 | 34 | 35 | 53 | 35 |
| 16 | 35 | 35 | 40 | 54 | 15 |
| 17 | 27 | 36 | 43 | 55 | 15 |
| 18 | 23 | 37 | 34 | 56 | 27 |
| 19 | 46 | 38 | 61 | 57 | 35 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Consumo comercial mensual en cada uno de los comercios según datos de la encuesta**

| Comercio No. | Consumo m3 |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| 1 | 61 | 9 | 65 | 17 | 2,4 | 25 | 15 |
| 2 | 43 | 10 | 7,4 | 18 | 200 | 26 | 38,4 |
| 3 | 2 000 | 11 | 38 | 19 | 550 | 27 | 8 |
| 4 | 44 | 12 | 21 | 20 | 7 | 28 | 15 |
| 5 | 59 | 13 | 68 | 21 | 400 | 29 | 600 |
| 6 | 24 | 14 | 27 | 22 | 37,5 | 30 | 52,5 |
| 7 | 5 | 15 | 12 | 23 | 200 | 31 | 27 |
| 8 | 28 | 16 | 30 | 24 | 17 | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Consumo sector industrial mensual en cada una de las industrias según la encuesta**

| Vivienda No. | Consumo m3 |
|--------------|------------|
| 1 | 300 |
| 2 | 1095 |
| 3 | 25 |
| 4 | 38 |
| 5 | 475 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Análisis estadístico de consumo en los años 2008-2010 según EMPAGUA**

| | |
|---------------------------|---------------|
| Media | 437 685.73 |
| Mediana | 436 524.38 |
| Moda | 436 006.3 |
| Desviación estándar | 28 372.69 |
| Varianza | 805 009 470.6 |
| Coefficiente de asimetría | 0.29 |
| Curtosis | 2.15 |
| Percentil 2.5 | 386 297.63 |
| Percentil 97.5 | 494 267.63 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XVI. **Análisis estadístico de consumo en los años 2008-2010 según encuesta realizada**

| Datos estadísticos | Domiciliar | Comercial | Industrial |
|---------------------------|------------|------------|------------|
| Media | 34.37 | 254.28 | 416.94 |
| Mediana | 33.72 | 196.02 | 321.4 |
| Moda | 33.6 | 180.22 | 238.4 |
| Desviación estándar | 16.51 | 356.41 | 438.58 |
| Varianza | 272.73 | 127 026.07 | 192 355.3 |
| Coefficiente de asimetría | 2.58 | 4.46 | 1.31 |
| Curtosis | 12.5 | 22.39 | 1.59 |
| Percentil 2.5 | 15 | 4.61 | 26.3 |
| Percentil 97.5 | 60.58 | 810 | 1 033 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA 11 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

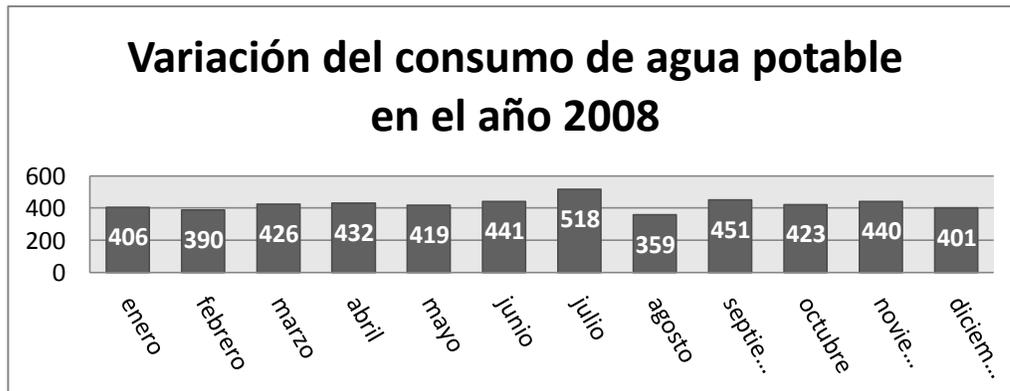
Para realizar dicho análisis, se tomaron datos de la encuesta realizada y la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en donde se logró obtener los valores de consumo de agua potable de los sectores domiciliario comercial e industrial, según encuesta, ya que en la Empresa Municipal de agua no se tenían datos de consumo sectorizados.

No se analizaron datos de la empresa privada del Mariscal, debido a que no se logró recabar información relevante del control de consumo de agua potable de esta empresa; sin embargo, en los anexos se muestra que porcentaje de usuarios hacen uso del agua del Mariscal y de EMPAGUA, en el cual la mayoría de los usuarios para el sector domiciliario pertenecen a la Empresa Municipal de Agua, para el sector comercial la mayoría pertenece a EMPAGUA o poseen pozo propio, para las industrias la mayoría poseen pozo propio o hacen uso del agua de la Empresa Municipal de Agua. A continuación se muestra el análisis estadístico realizado por la Empresa Municipal de Agua y el análisis estadístico de la encuesta realizada.

5.1. Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)

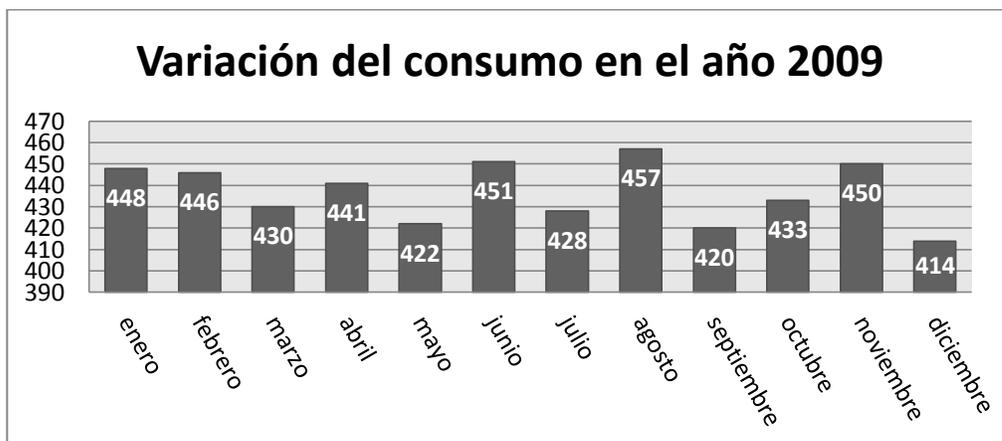
El siguiente análisis se basa en los datos proporcionados por la empresa municipal de agua EMPAGUA. Ver capítulo 4.3.1, tabla XII. Donde se muestran los datos de consumo de agua. Ver tabla XVI Y XVII donde se encuentra el análisis estadístico según EMPAGUA y según encuesta realizada.

Figura 3. **Gráfica de variación del consumo de agua potable en el 2008**



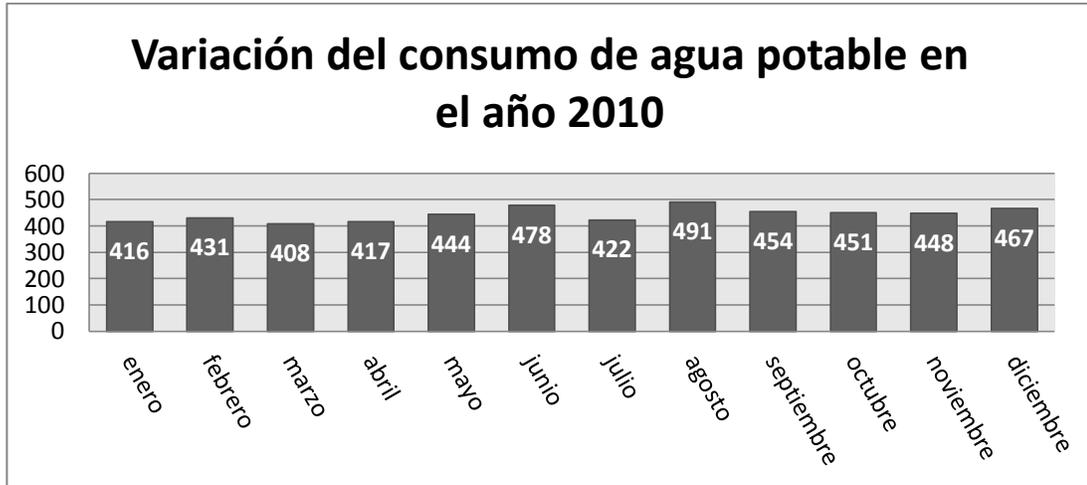
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Figura 4. **Gráfica de variación de consumo de agua potable en el 2009**



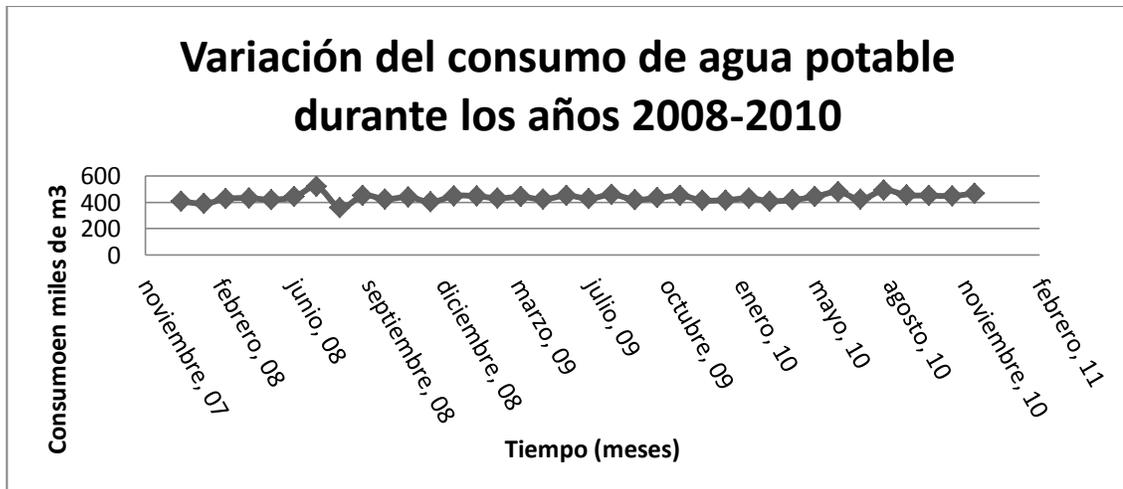
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Figura 5. **Gráfica de variación del consumo de agua potable en el 2010**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Figura 6. **Gráfica de variación del consumo de agua potable durante los años 2008-2010**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Análisis estadístico:

1) Dma= dato mayor

Dme= dato menor

| | |
|------------|---------------|
| Dma | 518212 |
| Dme | 358638 |

2) Rango o recorrido de datos (R)

$R = Dma - Dme$

$R = 159,547$

3) Número de datos (n)

$N = 36$

4) Número de grupos a formar con los n datos

$k = 1 + 3.322 \log(n)$

k= número de grupos a formar con los datos

n= número de datos

Log(n)= logaritmo común del numero de datos

$k = 1 + 3.322 \log(36)$

$k = 6.17$

Entonces $k = 6$ o 7 grupos

$K = 6$

5) Amplitud o intervalo de clase

$I = R/K$

R= Rango de datos

K= Número de grupos a formar

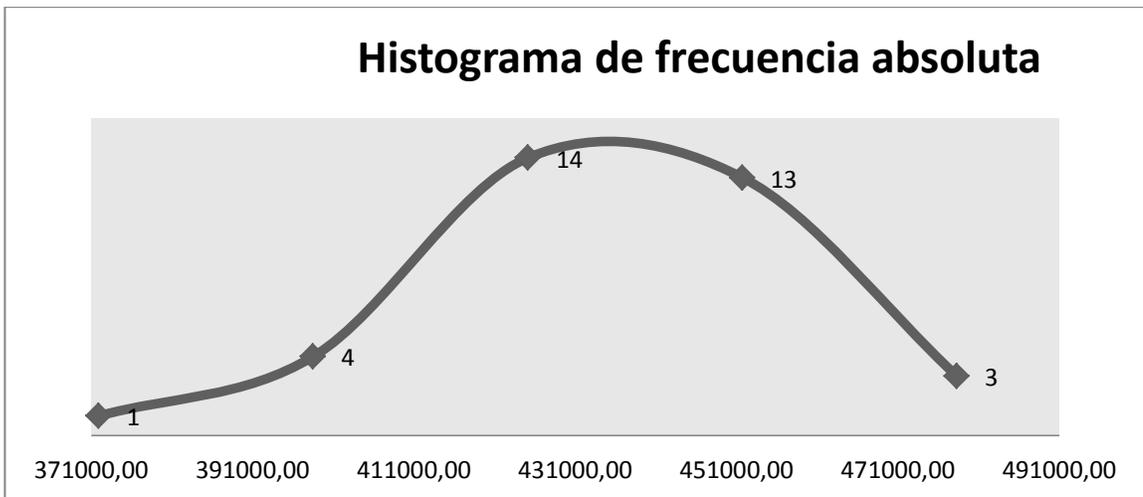
$I = 26,595.67$

Tabla XVII. **Distribución de frecuencias datos de EMPAGUA**

| GRUPOS O CLASES (Consumo m3) | | FRECUENCIA DE GRUPO (f) | FRECUENCIA ACUMULADA (Fa) | MARCA DECLASE (Xi) | f*Xi |
|---------------------------------|------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------|
| 358 638 | 385 232.67 | 1 | 1 | 371 935.33 | 371 935.33 |
| 385 233.67 | 411 828.33 | 4 | 5 | 398 531 | 159 4124 |
| 411 829.33 | 438 424 | 14 | 19 | 425 126.67 | 5951 773.33 |
| 438 425 | 465 019.67 | 13 | 32 | 451 722.33 | 5872 390.33 |
| 465 020.67 | 491 615.33 | 3 | 35 | 478 318 | 1434 954 |
| 491 616.33 | 518 211 | 0 | 35 | 504 913.67 | 0 |
| 518 212 | 544 806.67 | 1 | 36 | 531 509.33 | 531 509.33 |
| Sumatoria | | 36 | 163 | | 15 756 686.3 |

Fuente: elaboración propia

Figura 7. **Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable del año 2008-2010**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

MEDIA

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f}$$

Donde:

$X =$ Media

$\Sigma f_i x_i =$ Sumatoria de frecuencias por marca de clase

$\Sigma f =$ Sumatoria de frecuencias

$$x = \frac{15,756,686.3}{36}$$

$$X = 437,685.73$$

De donde la media de consumo de agua en el año 2008 – 2010 en la zona 11 de la ciudad de Guatemala es de 437,686.

MEDIANA

$$M_e = L_{ri} + \left(\frac{N/2 - F_{A(N/2)}}{f_{Me}} \right) \times i$$

$I = L_{rs} - L_{ri}$

$I = 26,594.67$

Donde:

$M_e =$ Mediana

$L_{ri} =$ Limite real inferior

$N/2 =$ Mitad de la cantidad total de datos

$f_{A(N/2)} =$ Frecuencia acumulada inmediatamente inferior a $N/2$

$F_{me} =$ Frecuencia absoluta del grupo que contiene a la mediana

$i =$ Intervalo del grupo que contiene a la mediana

$f =$ Frecuencia

$$M_e = 411,829.33 + \left(\frac{18 - 5}{14} \right) \times 26594.67$$

Me= 436,524.38

El valor central del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010 es de 436,524.38

MODA (Mo):

$$M_o = L_{ri} + \left(\frac{f_{ma} - f_{am}}{2f_{ma} - f_{am} - f_{pm}} \right) \times i$$

Donde:

M_o = Moda

L_{ri} = Limite real inferior donde esta la moda

f_{ma} = frecuencia mayor de la agrupacion

f_{am} = frecuencia anterior a la mayor de la agrupacion

f_{pm} = frecuencia posterior a la mayor de la agrupacion

i = intervalo de la agrupacion

$$M_o = 411,829.33 + \frac{14 - 4}{2 * 14 - 4 - 13} * 26,594.67 = 436,006.30$$

El valor de consumo de agua potable que más se frecuenta es de 436,006.30 metros cúbicos.

Los siguientes datos se realizaron en una hoja de cálculo electrónica

Tabla XVIII. **Medidas de dispersión según datos calculados EMPAGUA**

| Medidas de dispersión | Datos empresa distribuidora |
|------------------------------|------------------------------------|
| Desviación estándar | 28 372,69 |
| Varianza | 805 009 470,60 |
| Coefficiente de asimetría | 0,29 |
| Curtosis | 2,15 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XIX. **Medidas de posición según datos calculados EMPAGUA**

| Medidas de Posición | m³ |
|----------------------------|----------------------|
| Percentil 2.5 | 386 297,63 |
| Percentil 97.5 | 494 267,63 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.2. Análisis de los datos obtenidos de las encuestas realizadas

A continuación se presenta el análisis estadístico de la encuesta realizada, ya sea éste: domiciliario, industrial y comercial; así como se muestra el consumo de agua potable para cada uno de estos sectores.

5.2.1. Domiciliario

Según la muestra de la población domiciliario sacada en el capítulo 3.1.1 de página 26, según el cálculo de la muestra (n) da como resultado 20, sin embargo, se realizó la encuesta a 57 domicilios. Ver tabla de consumo domiciliario en el capítulo 4.4 tabla XIII.

Análisis estadístico

1) Dato mayor y dato menor

2) Rango o recorrido de datos

$$R = D_{\text{Máx}} - D_{\text{Mín}}$$

$$R = 109$$

3) Número de datos n

$$n = 58$$

4) Número de grupos a formar con los n datos

$$k = 1 + 3.322 \log(n)$$

k = número de grupos a formar con los datos

n = número de datos

$\log(n)$ = logaritmo común del número de datos

$$k = 1 + 3.322 \log(58)$$

$$k = 6.85$$

Entonces $k = 6$ o 7 grupos

$$k = 6$$

5) Amplitud o intervalo de clase

$$I = R/K$$

R = Rango de los datos

K = número de grupos a formar

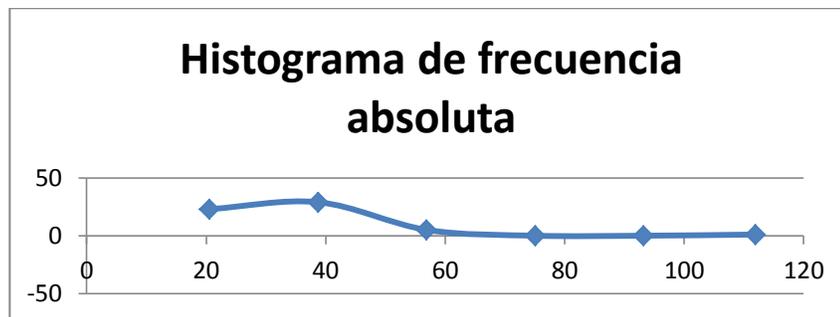
$$I = 18.17$$

Tabla XX. **Distribución de frecuencias sector domiciliar**

| GRUPOS O CLASES (Consumo m3) | | FRECUENCIA DE GRUPO (f) | FRECUENCIA ACUMULADA (Fa) | MARCA DE CLASE (Xi) | f*Xi |
|---------------------------------|--------|----------------------------|------------------------------|------------------------|----------|
| 12,00 | 29,17 | 23 | 23 | 20,59 | 473,46 |
| 30,17 | 47,34 | 29 | 52 | 38,76 | 1 123,9 |
| 48,34 | 65,51 | 5 | 57 | 56,93 | 284,63 |
| 66,51 | 83,68 | 0 | 57 | 75,10 | 0 |
| 84,68 | 101,85 | 0 | 57 | 93,27 | 0 |
| 102,85 | 121,02 | 1 | 58 | 111,94 | 111,94 |
| Sumatoria | | 58 | 304 | | 1 993,91 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

MEDIA

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f}$$

Donde:

X= Media

$\sum f_i x_i$ = Sumatoria de frecuencias por marca de clase

$\sum f$ = Sumatoria de frecuencias

$$\bar{x} = \frac{1993.91}{58}$$

$$\bar{X} = 34.37 \text{ m}^3$$

De donde la media de consumo de agua en el año 2008 – 2010 en la zona 11 de la ciudad de Guatemala para el sector domiciliario es de 34.37 metros cúbicos.

MEDIANA

$$M_e = L_{ri} + \left(\frac{N/2 - F_{A(N/2)}}{f_{Me}} \right) \times i$$

$i = L_{rs} - L_{ri}$

$i = 17.17$

Donde:

$M_e =$ Mediana

$L_{ri} =$ Limite real inferior

$N/2 =$ Mitad de la cantidad total de datos

$f_{A(N/2)} =$ Frecuencia acumulada inmediatamente inferior a $N/2$

$f_{me} =$ Frecuencia absoluta del grupo que contiene a la mediana

$i =$ Intervalo del grupo que contiene a la mediana

$f =$ Frecuencia

$$M_e = 30.17 + \left(\frac{29 - 23}{29} \right) \times 17.17$$

$M_e = 33.72$ metros cúbicos.

El valor central del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010 es de 33.72 metros cúbicos.

MODA (M_o):

$$M_o = L_{ri} + \left(\frac{f_{ma} - f_{am}}{2f_{ma} - f_{am} - f_{pm}} \right) \times i$$

Donde:

M_o = Moda

L_{ri} = Limite real inferior donde esta la moda

f_{ma} = frecuencia mayor de la agrupacion

f_{am} = frecuencia anterior a la mayor de la agrupacion

f_{pm} = frecuencia posterior a la mayor de la agrupacion

i = intervalo de la agrupacion

$$M_o = 30.17 + \left(\frac{29 - 23}{2 * 29 - 23 - 5} \right) * 17.17 = 33.60$$

El valor de consumo de agua potable que más se frecuenta es de 33.60 metros cúbicos.

Tabla XXI. **Medidas de dispersión sector domiciliar**

| Medidas de dispersión | Datos encuesta |
|------------------------------|-----------------------|
| Desviación estandar | 16,51 |
| Varianza | 272,73 |
| Coficiente de asimetria | 2,58 |
| Curtosis | 12,5 |

Fuente: Elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XXII. **Medidas de posición sector domiciliar**

| Medidas de Posición | m³ |
|----------------------------|----------------------|
| Percentil 2.5 | 15,00 |
| Percentil 97.5 | 60,58 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.2.2. Comercial

Según la muestra de la población domiciliar sacada en el capítulo 3.1.2 página 27. El cálculo de la muestra (n) da como resultado 20, sin embargo se realizó la encuesta a 35 comercios para tener una muestra más representativa. Ver tabla de consumo comercial en el capítulo 4.4 tabla XIV pág. 39.

Análisis estadístico

1) Dato mayor y dato menor

| | |
|------------|-------------|
| Dma | 2000 |
| Dme | 2.4 |

2) Rango o recorrido de datos

$$R = DMA - DME$$

$$R = 1997.6$$

3) Número de datos n

$$n = 35$$

4) Número de grupos a formar con los n datos

$$k = 1 + 3.322 \log(n)$$

k = número de grupos a formar con los datos

n = número de datos

Log(n) = logaritmo común del número de datos

$$k = 1 + 3.322 \log(35)$$

$$k = 6.13$$

Entonces k = 6 o 7 grupos

$$k = 6$$

5) Amplitud o intervalo de clase

$$I = R/K$$

R = Rango de los datos

K = número de grupos a formar

$$I = 332.93$$

6) Obtención de grupos en la clasificación de datos

$$\text{Grupo} = D_{me} + I$$

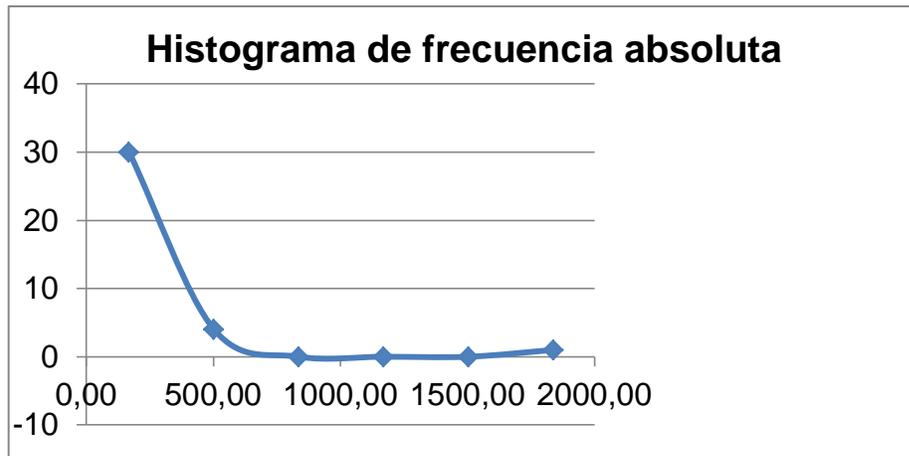
$$\text{Grupo} = 335.33$$

Tabla XXIII. **Distribución de frecuencias sector comercial**

| GRUPOS O CLASES (Consumo m3) | | FRECUENCIA DE GRUPO (f) | FRECUENCIA ACUMULADA (Fa) | MARCA DECLASE (Xi) | f*Xi |
|---------------------------------|----------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|----------|
| 2,40 | 334,33 | 30 | 30 | 168,37 | 5 050,95 |
| 335,33 | 669,66 | 4 | 34 | 502,50 | 2 009,98 |
| 668,26 | 1 004,99 | 0 | 34 | 836,63 | 0 |
| 1001,19 | 1 340,32 | 0 | 34 | 1 170,76 | 0 |
| 1 334,12 | 1 675,65 | 0 | 34 | 1 504,89 | 0 |
| 1 667,05 | 2 010,98 | 1 | 35 | 1 839,02 | 1 839,02 |
| sumatoria | | 35 | 201 | | 8 899,95 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector comercial**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

MEDIA

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f}$$

Donde:

X= Media

$\sum f_i x_i$ = Sumatoria de frecuencias por marca de clase

$\sum f$ = Sumatoria de frecuencias

$$x = \frac{8899.95}{35}$$

X=254.28 metros cúbicos

De donde la media de consumo de agua en el año 2008 – 2010 en la zona 11 de la ciudad de Guatemala para el sector comercial es de 254,28 metros cúbicos.

MEDIANA

$$M_e = L_{ri} + \left(\frac{N/2 - F_{A(N/2)}}{f_{Me}} \right) \times i$$

$I = L_{rs} - L_{ri}$

$I = 331.93$

Donde:

$M_e =$ Mediana

$L_{ri} =$ Limite real inferior

$N/2 =$ Mitad de la cantidad total de datos

$f_{A(N/2)} =$ Frecuencia acumulada inmediatamente inferior a $N/2$

$F_{me} =$ Frecuencia absoluta del grupo que contiene a la mediana

$i =$ Intervalo del grupo que contiene a la mediana

$f =$ Frecuencia

$$M_e = 2.4 + \left(\frac{17.5 - 0}{30} \right) \times 331.93$$

$M_e = 196,02$ metros cúbicos

El valor central del consumo de agua potable para el sector comercial en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010 es de 196,02 metros cúbicos.

MODA (M_o):

$$M_o = L_{ri} + \left(\frac{f_{ma} - f_{am}}{2f_{ma} - f_{am} - f_{pm}} \right) \times i$$

Donde:

M_o = Moda

L_{ri} = Limite real inferior donde esta la moda

f_{ma} = frecuencia mayor de la agrupacion

f_{am} = frecuencia anterior a la mayor de la agrupacion

f_{pm} = frecuencia posterior a la mayor de la agrupacion

i = intervalo de la agrupacion

$$M_o = 2.4 + \left(\frac{30 - 0}{2 * 30 - 0 - 4} \right) * 331.93 = 180.22$$

El valor de consumo de agua potable que más se frecuenta es de 180,22 metros cúbicos.

Tabla XXIV. **Medidas de dispersión sector comercial**

| Medidas de dispersión | Datos encuesta |
|------------------------------|-----------------------|
| Desviación estándar | 356,41 |
| Varianza | 127 026,07 |
| Coficiente de asimetría | 4,46 |
| Curtosis | 22,39 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XXV. **Medidas de posición sector comercial**

| Medidas de Posición | m³ |
|----------------------------|----------------------|
| Percentil 2.5 | 4,61 |
| Percentil 97.5 | 810,00 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

5.2.3. Industrial

Según la muestra de la población domiciliar sacada en el capítulo 3.1.3. El cálculo de la muestra (n) nos da como resultado 16, sin embargo se realizó la encuesta a 5 industrias, ya que en estas era mucho más difícil que se diera información al respecto por ser empresas privadas que tienen políticas de no proporcionar información de ningún tipo. Ver tabla de consumo industrial en el capítulo 4.4 tabla XIV, en base a ello se muestra a continuación el siguiente análisis estadístico. En la tabla XVI se muestra la distribución de frecuencias para este sector para poder obtener así el resultado de consumo de agua potable el cual fue el más elevado.

Análisis estadístico

1) Dato mayor y dato menor

| | |
|------------|-------------|
| Dma | 1095 |
| Dme | 25 |

2) Rango o recorrido de datos

R=DMA-DME

R=1070

3) Número de datos n

$$n=5$$

4) Número de grupos a formar con los n datos

$$k= 1+3.322\log(n)$$

k=número de grupos a formar con los datos

n=número de datos

Log(n)= logaritmo común del número de datos

$$k=1+3.322\log (5)$$

$$k=3.32$$

Entonces k=3 o 4 grupos

$$k=3$$

5) Amplitud o intervalo de clase

$$I=R/K$$

R= Rango de los datos

K=número de grupos a formar

$$I=356.67$$

6) Obtención de grupos en la clasificación de datos

$$\text{Grupo} = Dme + I$$

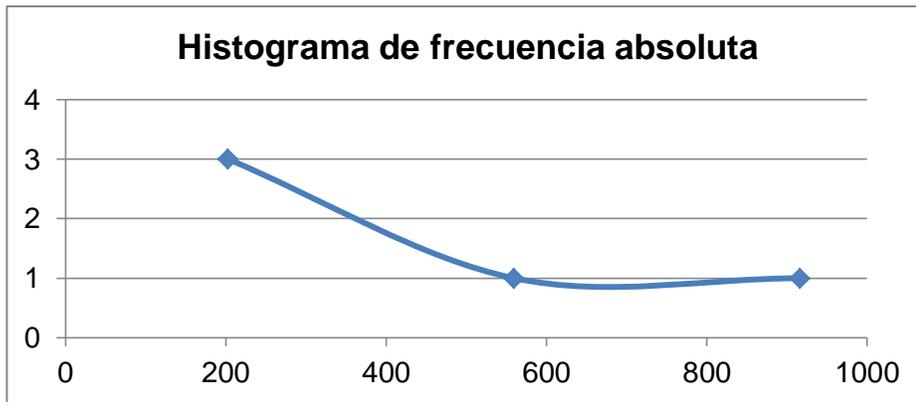
$$\text{Grupo} = 381.67$$

Tabla XXVI. **Distribución de frecuencias sector industrial**

| GRUPOS O CLASES (Consumo m3) | | FRECUENCIA DE GRUPO (f) | FRECUENCIA ACUMULADA (Fa) | MARCA DECLASE (Xi) | f*Xi |
|---------------------------------|----------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|----------|
| 25,00 | 380,67 | 3 | 3 | 202,84 | 608,51 |
| 381,67 | 737,34 | 1 | 4 | 559,5 | 559,50 |
| 738,34 | 1 095,00 | 1 | 5 | 916,67 | 916,67 |
| Sumatoria | | 5 | 12 | | 2 084,68 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Histograma de frecuencia absoluta del consumo de agua potable sector industrial**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

MEDIA

$$x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f}$$

Donde:

X= Media

$\sum f_i x_i$ = Sumatoria de frecuencias por marca de clase

$\sum f$ = Sumatoria de frecuencias

$$x = \frac{2084.68}{5}$$

$$X=416.94 \text{ m}^3$$

De donde la media de consumo de agua en el año 2008 – 2010 en la zona 11 de la ciudad de Guatemala para el sector industrial es de 416,94 metros cúbicos.

MEDIANA

$$M_e = L_{ri} + \left(\frac{N/2 - F_{A(N/2)}}{f_{Me}} \right) \times i$$

$I = L_{rs} - L_{ri}$

$I = 355.67$

Donde:

M_e = Mediana

L_{ri} = Limite real inferior

$N/2$ = Mitad de la cantidad total de datos

$f_{A(N/2)}$ = Frecuencia acumulada inmediatamente inferior a $N/2$

F_{me} = Frecuencia absoluta del grupo que contiene a la mediana

i = Intervalo del grupo que contiene a la mediana

f = Frecuencia

$$M_e = 25 + \left(\frac{2.5 - 0}{3} \right) \times 355.67$$

$M_e = 321,40$ metros cúbicos.

El valor central del consumo de agua potable para el sector industrial en la zona 11 de la ciudad de Guatemala en los años 2008-2010 es de 321,40 metros cúbicos.

MODA (M_o):

$$M_o = L_{ri} + \left(\frac{f_{ma} - f_{am}}{2f_{ma} - f_{am} - f_{pm}} \right) \times i$$

Donde:

M_o = Moda

L_{ri} = Limite real inferior donde esta la moda

f_{ma} = frecuencia mayor de la agrupacion

f_{am} = frecuencia anterior a la mayor de la agrupacion

f_{pm} = frecuencia posterior a la mayor de la agrupacion

i = intervalo de la agrupacion

$$M_o = 25 + \left(\frac{3 - 0}{2 * 3 - 0 - 1} \right) * 355.67 = 238.40$$

El valor de consumo de agua potable que más se frecuenta es de 238,40 metros cúbicos.

Tabla XXVII. **Medidas de dispersión sector industrial**

| Medidas de dispersión | Datos encuesta |
|------------------------------|-----------------------|
| Desviación estándar | 438,58 |
| Varianza | 192 355,30 |
| Coefficiente de asimetría | 1,31 |
| Curtosis | 1,59 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

Tabla XXVIII. **Medidas de posición sector industrial**

| Medidas de Posición | m³ |
|----------------------------|----------------------|
| Percentil 2.5 | 26,30 |
| Percentil 97.5 | 1 033,00 |

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel.

6. DISCUSIÓN

En base al análisis estadístico, se puede decir que el sector de consumo mayor es el industrial, sin embargo la mayoría de las industrias poseen pozo propio por lo que la Empresa Municipal de agua no lleva un registro de cuanto realmente consume la zona 11 de la ciudad de Guatemala. A continuación se muestran los resultados de cada uno de los sectores: domiciliario, comercial e industrial: así como un análisis de consumo para el año 2020.

6.1. Discusión de los resultados

Para la descripción del consumo de agua potable, fue necesario evaluar el análisis estadístico para cada uno de los sectores: domiciliario, comercial e industrial como se muestra a continuación.

6.1.1. Domiciliario

Según las tablas XXIX y XXX se podría decir que las viviendas representan un 73 por ciento, lo cual deducimos que para el año 2020 se tendría un consumo de 373 820 metros cúbicos.

Según los datos de EMPAGUA junto con el análisis anterior se tendría un consumo promedio de 32,61 metros cúbicos por vivienda, lo que significaría 217 litros habitante por día. Comparándolo con los resultados obtenidos en las encuestas tendríamos 34,10 metros cúbicos por vivienda, o sea 227 litro habitante por día.

Tabla XXIX. **Consumo de agua potable en los años 2008-2010 según EMPAGUA**

| Año | consumo | Cantidad de usuarios |
|------------|----------------|-----------------------------|
| 2008 | 425 462,58 | 12 591,58 |
| 2009 | 436 714,08 | 12 601,92 |
| 2010 | 443 894,25 | 11 368,42 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Promedio mensual de consumo en los años 2011 al 2020**

| Año | Consumo m3 | Usuarios |
|------------|-------------------|-----------------|
| 2011 | 450 197,55 | 10 987,58 |
| 2012 | 456 590,35 | 10 619,49 |
| 2013 | 463 073,94 | 10 263,74 |
| 2014 | 469 649,59 | 9 919,91 |
| 2015 | 476 318,61 | 9 587,59 |
| 2016 | 483 082,33 | 9 266,4 |
| 2017 | 489 942,1 | 8 955,98 |
| 2018 | 496 899,28 | 8 655,95 |
| 2019 | 503 955,25 | 8 365,98 |
| 2020 | 511 111,42 | 8 085,72 |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior en los próximos años, se va a incrementar el consumo de agua en un 13,15 por ciento del consumo actual, mientras que el número de usuarios va a decrecer en un 29 por ciento. Lo que nos indica que a medida que el consumo crece la población decrece, esto puede resultar por varios motivos podría ser por adelantos tecnológicos o porque esta zona va en proceso de desarrollo ya que en la actualidad es una

zona donde vive la clase media que podrían sustituirse por más industrias o comercios.

6.1.2. Comercial

Los comercios representan un 23 por ciento lo cual habría un consumo de 117 555 metros cúbicos. Para el sector comercial tenemos 32.28 metros cúbicos por comercio, que sería 1076 litros comercio por día, comparándolo con las encuestas tenemos 149.53 metros cúbicos, o sea 4984 litros comercio por día. Por lo que se puede observar la gran diferencia de cantidades de consumo, esto debido a que muchos de los negocios grandes de la zona 11 poseen pozo propio, o son abastecidos de otras empresas diferentes a EMPAGUA.

6.1.3. Industrial

Las industrias representan el 5 por ciento lo que significa que para dicho año habría un consumo de 25 555,57 metros cúbicos mensuales.

Para el sector industrial tenemos 45 metros cúbicos por industria, que sería 1 500 litros industria por día, comparándolo con las encuestas tenemos 386,60 metros cúbicos, o sea 12 887 litro industria por día. Por lo que de igual manera se puede observar la gran diferencia de cantidades de consumo, esto debido a que la mayoría de las industrias poseen pozo propio, o son abastecidos de otras empresas diferentes a EMPAGUA.

6.1.4. Sector público

Dentro del sector público podemos encontrar los hospitales y el centro médico universitario CUM, del cual no fue posible determinar el consumo de

agua en dichos centros ya que no cuentan con ningún tipo de contador, ni llevan un control de dicho recurso. Solo se sabe que dentro de esta categoría se encuentra como mayor consumidor el hospital Roosevelt, como se mencionó anteriormente, sin embargo, ni siquiera la empresa municipal de agua sabe cuánto consume dicho centro. Los demás hospitales alrededor tienen el mismo problema. El consumo del CUM es de 600 metros cúbicos mensuales el cual cuenta con 5 000 estudiantes, este se incluyó en el sector comercial debido a que solo se contaba únicamente con un dato.

6.2. Discusión final

El promedio de datos de la empresa municipal de agua según los datos de los años 2008-2010, como se muestra en las Tabla XXIX; en cuanto a consumo y cantidad de agua es de 25,33 metros cúbicos por mes independientemente del tipo de usuario, sea este domiciliario, comercial e industrial. De acuerdo a los datos de la encuesta la suma de los promedios para los sectores domiciliario, comercial e industrial es de 190,80 metros cúbicos por mes. Esta gran diferencia o variación de consumo entre los datos de EMPAGUA y los datos de la encuesta realizada es supuestamente debido a la gran cantidad de usuarios que poseen pozo propio en especial las industrias y comercios.

En cuanto a la Empresa Privada de Agua del Mariscal no se logró realizar ninguna comparación debido a que no se cuenta con información de consumo de agua potable de parte de la misma, únicamente se cuenta con los datos proporcionados por los usuarios en dicha zona, que se muestran en los anexos.

Dentro de los siguientes 10 años según los cálculos realizados se puede proyectar un incremento de consumo del agua del 13,15 por ciento, y el número de usuarios va a decrecer en un 29 por ciento. Por lo tanto se puede observar que a medida que el número de usuarios decrece en forma

significativa el consumo crece cerca de la mitad de lo que los usuarios decrecerán. Esto se da por diversas razones, la zona 11 es una zona en su mayoría domiciliar de clase media, pero los adelantos en tecnología o las comodidades de las viviendas demandan mucho más de agua, aunque haya menos usuarios por vivienda.

Ya que no es lo mismo el consumo de una vivienda con cinco habitantes que tengan únicamente una ducha, un baño o un lavamanos a el gasto de agua que se produciría a una vivienda en donde vivan cinco personas con dos duchas, dos lavamanos y dos baños. Otra causa razonable sería el incremento en producción de industrias o comercios.

EMPAGUA maneja una parte del consumo de agua de la zona 11 de la ciudad de Guatemala, lo cual para los próximos 10 años manejarían las siguientes dotaciones si se realizan proyecciones. Para el sector domiciliar se tiene una dotación de 217 litros habitante por día; para el sector comercial se tiene una dotación promedio de 1 076 litros comercio por día y para el industrial 1 500 litro industria por día. Comparando dichas dotaciones con los resultados de las encuestas varían en un porcentaje alto en las industrias y comercios.

De donde: sector domiciliar 227 litros habitante por día; sector comercial 4 984 litros comercio por día y para el industrial 12 887 litros industria por día. Esto se debe principalmente a que la mayoría de las industrias y comercios poseen pozo propio o se abastecen a través de la empresa de agua Mariscal. Por lo que se puede decir que el manejo o control del agua para el sector domiciliar es del 100 por ciento, del sector comercial 97 por ciento y del sector industrial tan solo el 40 por ciento.

CONCLUSIONES

1. La evaluación del consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala, se logró establecer a través de una encuesta realizada a una porción de la población, junto con material bibliográfico y datos obtenidos a través de EMPAGUA.
2. Se logró determinar que las fuentes que abastecen la zona 11 de la ciudad de Guatemala provienen de los ríos Xayá Pixcayá y pozos de agua de la empresa privada de agua del Mariscal, en la cual no se conocen las ubicaciones de los mismos.
3. El suministro y distribución del agua en la zona 11 de la ciudad de Guatemala se realiza a través de las empresas distribuidoras EMPAGUA y Mariscal; en el cual EMPAGUA posee 2 tanques de almacenamiento para lograr la distribución en dicha zona; el TP1, ubicado en la zona 7 con una capacidad de almacenamiento de 5 200 metros cúbicos y el tanque TP9 ubicado en la calzada San Juan, con una capacidad de almacenamiento de 8 125 metros cúbicos.
4. Según la encuesta realizada se logró estimar los siguientes valores de consumo de agua potable en la zona 11: para el sector domiciliar se obtuvo un valor de 34,1 metros cúbicos por mes, equivalente a 227,33 litros hora por día con una densidad de 5 personas por vivienda, lo cual es un dato elevado con respecto a la media que es de 120 litros habitante por día; para el sector comercial se obtuvo un valor de 149,53 metros cúbicos por mes o sea 4 984,33 litros comercio por día y para el

industrial 386,60 metros cúbicos por mes equivalente a 12 886,67 litros industria por día.

5. Existe una gran diferencia entre el promedio de consumo de los datos proporcionados por EMPAGUA y la encuesta realizada, en donde se menciona con anterioridad debido a la cantidad de pozos propios que poseen las industrias en su mayoría seguidos por los comercios, esto crea una gran problemática debido a que la municipalidad de Guatemala que debería de llevar un control de este recurso, no sabe realmente cuanto está consumiendo este sector. Existen industrias en esta zona en donde el agua potable es materia prima para ellos y en el cual no se les hace ningún tipo de recargo por el uso de la misma ya que estas poseen pozo propio.
6. El mayor consumidor de agua potable para la zona 11 de la ciudad de Guatemala es el Hospital Roosevelt, sin embargo, no se conoce cuánto consume mensualmente este ente público, lo que genera una gran problemática para la evaluación del consumo en este sector.
7. Según encuestas realizadas la mayoría de domicilios poseen cisterna, debido a las irregularidades de horarios que se presentan en la distribución de agua potable, otro de los mayores problemas en este sector es el desperdicio del mismo debido a las tuberías en la red de distribución del agua ya que estas son demasiado antiguas, presentando así fracturas lo que causan las grandes fugas, así como dentro de los domicilios se presentan grandes cantidades de fugas debido a la antigüedad de las mismas.

RECOMENDACIONES

1. La mayoría de la población de la zona 11 no sabe qué cantidad de agua consume, las industrias y en algunos casos comercios poseen pozo propio y ni siquiera poseen contador de agua para que puedan controlar el uso del agua, causando así muchos desperdicios y un uso irracional del agua, por lo que no tienen consciencia de cuidar este recurso por lo que las autoridades deberían de tener programas que apoyen el uso y manejo del agua.
2. Es muy importante tener un programa de saneamiento con respecto al agua, ya que en muchas ocasiones no llega potable a los usuarios, lo que es responsabilidad de la empresa distribuidora, para que no se produzcan enfermedades causadas por la falta de potabilidad.
3. Debido a la problemática que se genera en cuanto al consumo de agua potable, mostrando datos elevados de consumo conforme a la media establecida, se debe tener un control y uso adecuado de este recurso. Por lo que se debe implementar o realizar este tipo de investigaciones de manera más sectorizada a lo largo del país para controlar los usos y destinos del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AYALA LÓPEZ, Fredy Estuardo. *Renovación Urbana para redensificación, en el área de influencia del Transmetro estación 34 calle, zona 11, ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2007. 66 p.
2. ARÉVALO FONG, Guillermo Antonio. *Análisis cartográfico de la ciudad de Guatemala de 1776 a 1976, 200 años de urbanismo* Trabajo de graduación de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1979.
3. CALDERÓN MONTERROSO, Edgar Rolando. *Sensores remotos y sistemas de información geográfica aplicados al urbanismo. Caso específico: zona 11, ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1994. 58 p.
4. GONZÁLEZ RUIZ, Ricardo. *Guatemala de hoy*. Mayo 1960. 176 p.
5. MARTÍNEZ TUNA, Miguel. *Valoración económica del agua en la ciudad de Guatemala: una alternativa para su sostenibilidad*. Guatemala: FLACSO, 2002. 41p.

6. MONTERROSO GONZÁLEZ, Erick Fernando. *Propuesta de revitalización urbana-residencial universitaria, 9a Calle- 10a calle, entre 5a Av y calzada Aguilar Bártres, zona 11 ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2007. 57 p.

7. VALLADARES VIELMAN, Luis Rafael. *El crecimiento de la ciudad de Guatemala 1944-2005*. Centro de estudios Urbanos y Regionales, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 168 p.

APÉNDICE

Machote de encuesta realizada

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EN LA CIUDAD DE GUATEMALA DURANTE LOS AÑOS 2008-2010
ZONA _____

Por favor responda las siguientes preguntas

ZONA: _____

Consumo tipo: Residencial _____ Comercial _____ Industrial _____ otro _____

¿Cuenta con usted con servicio de agua potable?

SI

No

¿El servicio de agua potable que usted recibe es?

Público

Privado

propio

¿Qué empresa le presta el servicio de agua potable?

Empagua

Agua del Mariscal

otro

¿Cuanta agua consume en promedio durante un mes?

M3.

¿Cuántos días a la semana recibe el servicio de agua?

Días.

¿Cuántas horas al día recibe el servicio de agua?

Horas.

¿Cuenta con un tanque o cisterna en su vivienda? SI

No

¿A cuántas personas abastece de agua potable?

¿Si cuenta con pozo perforado propio, cuantos pozos tiene y a que profundidad encontró agua?

Número de pozos

profundidad (m)

¿Cuál es el tipo de disposición final de sus desechos líquidos?

Alicantarillado municipal

alcantarillado privado

a flor de tierra

¿Cuál es la disposición final de sus desechos sólidos?

Vertedero municipal

vertedero privado

cualquier basurero

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos (RES), Posgrado Maestría en Sistemas Métrica Construcción y Métrica Ingeniería Vial. Cámaras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física, Centros de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Fuente: Unidad de Investigación, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Nicolás Guzmán.

Tabla XXXI. Datos de encuesta realizada sector domiciliario

| Cuenta con servicio de agua | El servicio de agua es Público o Privado | Empresa que le presta el servicio | Consumo promedio m ³ | Días a la semana que tiene el servicio | Horas al día que tiene el servicio | Cuenta con cisterna | No. personas que abastece | Cuenta con pozo | Disposición final de desechos líquidos | Disposición final de desechos sólidos |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|--|---------------------------------------|
| si | publico | empagua | 42 | 7 | 24 | no | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 42 | 7 | 24 | no | 9 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 18 | 7 | 24 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 22 | 7 | 24 | no | 6 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 17 | 7 | 24 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 36 | 7 | 24 | si | 8 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | si | 8 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 12 | 7 | 24 | si | 2 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 18 | 7 | 24 | no | 2 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 22 | 7 | 24 | no | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 25 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 38 | 7 | 24 | si | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 30 | 7 | 24 | si | 6 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 20 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 27 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 23 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 46 | 7 | 24 | si | 8 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 39 | 7 | 8 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 60 | 7 | 24 | no | 8 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 24 | no | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 36 | 7 | 24 | no | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 40 | 7 | 24 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 17 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 49 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 36 | 7 | 20 | no | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 43 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |

Continuación de la tabla XXXI.

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|---------|-----|---|----|----|----|----|--------------------------|---------------------|
| si | publico | empagua | 39 | 7 | 24 | si | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 40 | 7 | 24 | si | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | si | 6 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 40 | 7 | 24 | si | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 43 | 7 | 24 | no | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 34 | 7 | 24 | si | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 61 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 43 | 7 | 24 | si | 2 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 34 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | si | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 56 | 7 | 24 | si | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 24 | no | 2 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 32 | 7 | 24 | no | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 34 | 7 | 24 | no | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 50 | 7 | 24 | si | 6 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 40 | 7 | 24 | no | 2 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 121 | 7 | 24 | si | 1 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 46 | 7 | 24 | si | 9 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 40 | 7 | 24 | si | 16 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 4 | 2 | si | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | si | 4 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | no | 3 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 27 | 7 | 12 | si | 6 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | no | 5 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 35 | 7 | 24 | si | 7 | no | alcantarillado municipal | vertedero municipal |

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta realizada.

Tabla XXXII. Datos de encuesta realizada sector comercial

| Cuenta con servicio de agua | El servicio de agua es Público o Privado | Empresa que le presta el servicio | Consumo promedio m3 | Días a la semana que tiene el servicio | Horas al día que tiene el servicio | Cuenta con cisterna | No. personas que abastece | Cuenta con pozo | profundidad del pozo | Disposición final de desechos líquidos | Disposición final de desechos sólidos |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|--|------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|--|---------------------------------------|
| si | publico | empagua | 43 | 7 | 24 | no | 4 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 61 | 7 | 24 | si | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 43 | 7 | 24 | si | 2 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 2000 | 7 | 24 | si | 38 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 44 | 7 | 24 | no | 5 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 59 | 7 | 24 | no | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 24 | 7 | 15 | no | 21 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 5 | 7 | 24 | no | 3 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 28 | 7 | 8 | no | 5 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 65 | 7 | 24 | no | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 21 | 7 | 24 | no | 5 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 7.4 | 7 | 5 | no | 3 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 38 | 7 | 24 | si | 25 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 21 | 7 | 24 | no | 6 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 68 | 7 | 24 | no | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 27 | 7 | 24 | no | 5 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 12 | 7 | 5 | no | 25 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 30 | 7 | 24 | si | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 2.4 | 7 | 24 | no | 3 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 200 | 7 | 24 | no | 9 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 400 | 7 | 24 | no | 10 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 550 | 7 | 24 | si | 22 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 7 | 7 | 24 | no | 6 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 400 | 7 | 24 | si | 16 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 37.5 | 7 | 24 | no | 22 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 200 | 7 | 24 | si | 20 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 17 | 7 | 24 | no | 2 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | no | 3 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 38.4 | 7 | 24 | no | 22 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 8 | 7 | 24 | no | 2 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 67.5 | 7 | 24 | si | 25 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 15 | 7 | 24 | si | 4 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | propio | | 600 | 7 | 24 | si | 5000 | 1 | 150m | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 52.5 | 7 | 24 | si | 35 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | privado | mariscal | 27 | 7 | 24 | no | 1 | no | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta realizada.

Tabla XXXIII. Datos de encuestas realizadas sector industrial

| Cuenta con servicio de agua | El servicio de agua es Público o Privado | Empresa que le presta el servicio | Consumo promedio m3 | Días a la semana que tiene el servicio | Horas al día que tiene el servicio | Cuenta con cisterna | No. personas que abastece | Cuenta con pozo | profundidad del pozo | Disposicion final de desechos liquidos | Disposicion final de desechos solidos |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|--|------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|--|---------------------------------------|
| si | propio | | 1095 | 7 | 24 | si | 130 | 1 | 180m | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 25 | 7 | 24 | no | 3 | | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | publico | empagua | 38 | 7 | 24 | si | 4 | | | alcantarillado municipal | vertedero municipal |
| si | propio | Otro | 475 | 7 | 24 | si | 190 | 1 | 110m | alcantarillado municipal | vertedero municipal |

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta realizada.

ANEXOS

Anexo I

“EL CONSEJO MUNICIPAL DE GUATEMALA”

CONSIDERANDO

Que la sesión ordinaria de día 25 de enero de 1952 y según el punto II del acta No. 5, el Honorable Consejo Municipal conoció y aprobó el estudio efectuado por la Oficina de Urbanismo del Departamento de Ingeniería Municipal sobre la nueva nomenclatura de la ciudad.

CONSIDERANDO

Que el crecimiento experimentado por la ciudad de los últimos años exige la adecuación de la nomenclatura aprobada a las condiciones existentes, ampliando para dicho efecto el número de zonas de la ciudad de Guatemala.

CONSIDERANDO

Que la división de Desarrollo Urbano de la Dirección de Planificación ha hecho los estudios pertinentes para tal fin, siguiendo las normas de conservación, unidad y diversidad, de denominación nominal y numérica y de singularidad que sirven de base para el primer estudio.

POR TANTO

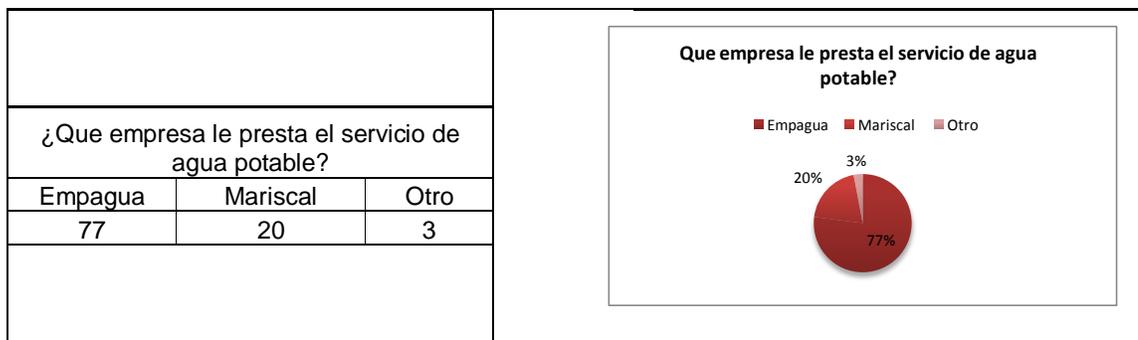
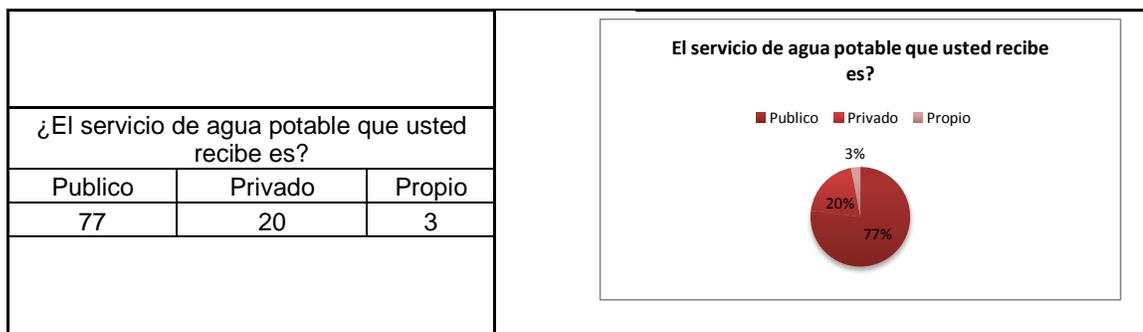
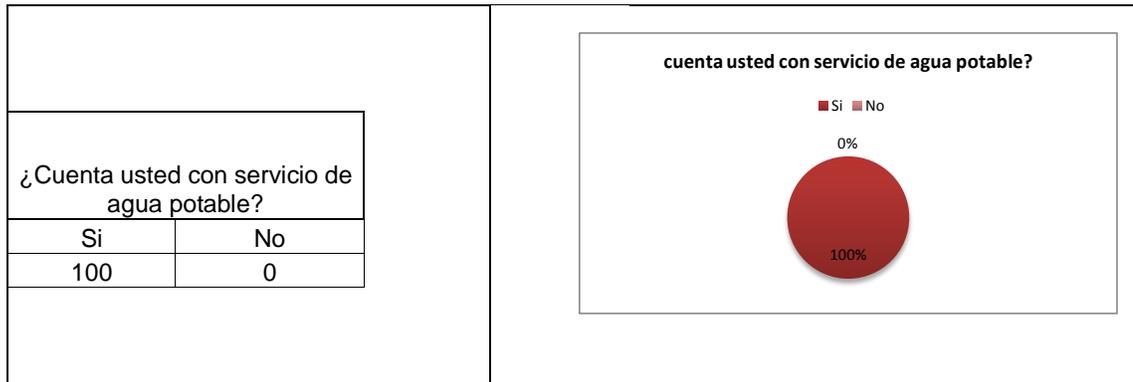
En uso de las facultades que para este efecto dispone la ley

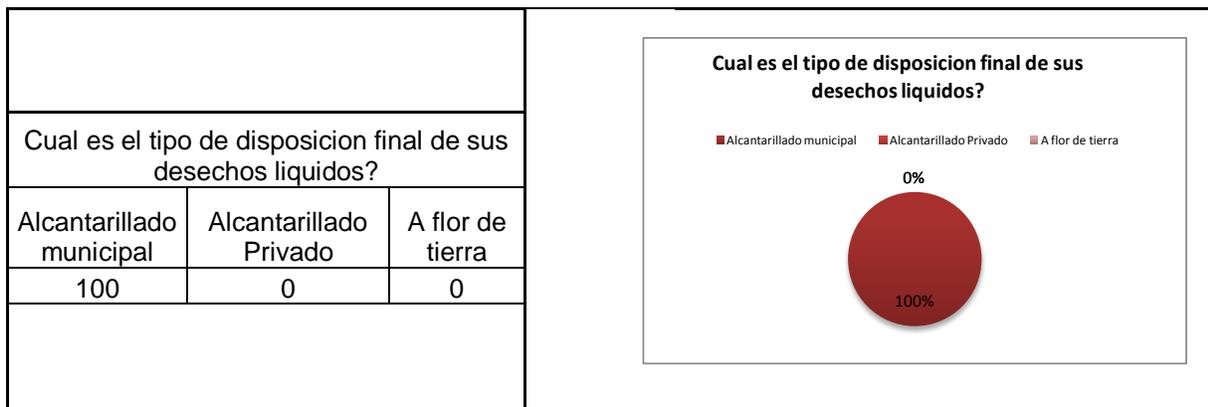
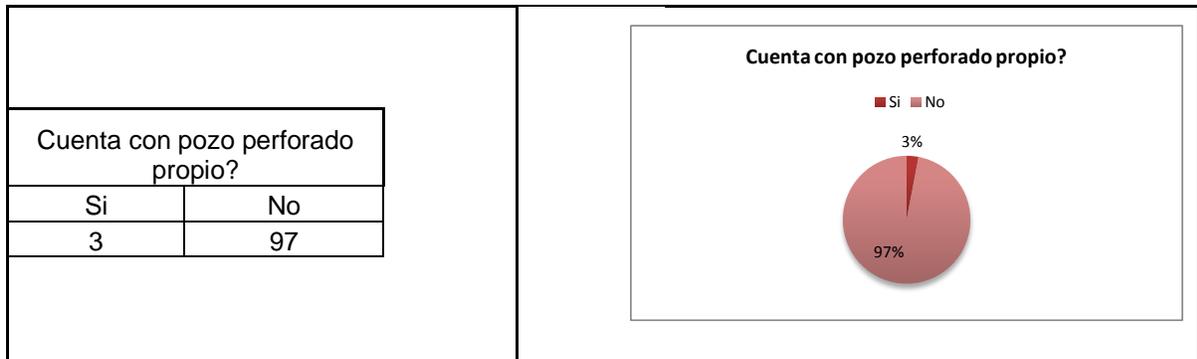
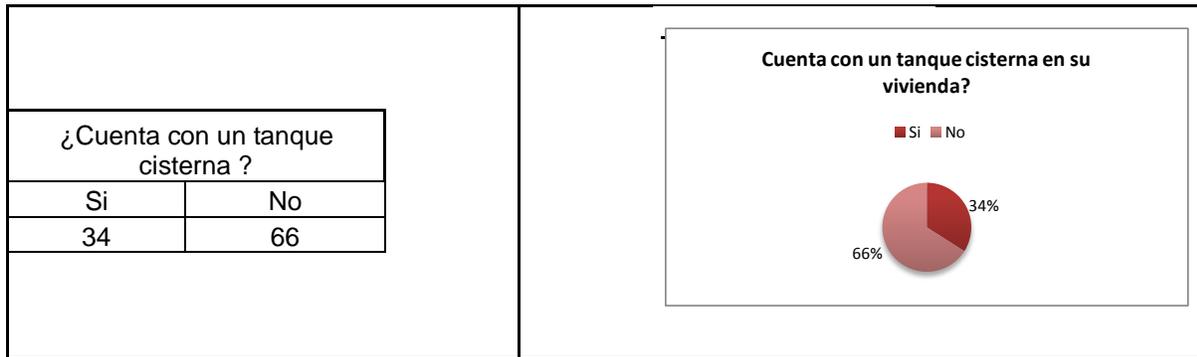
ACUERDA

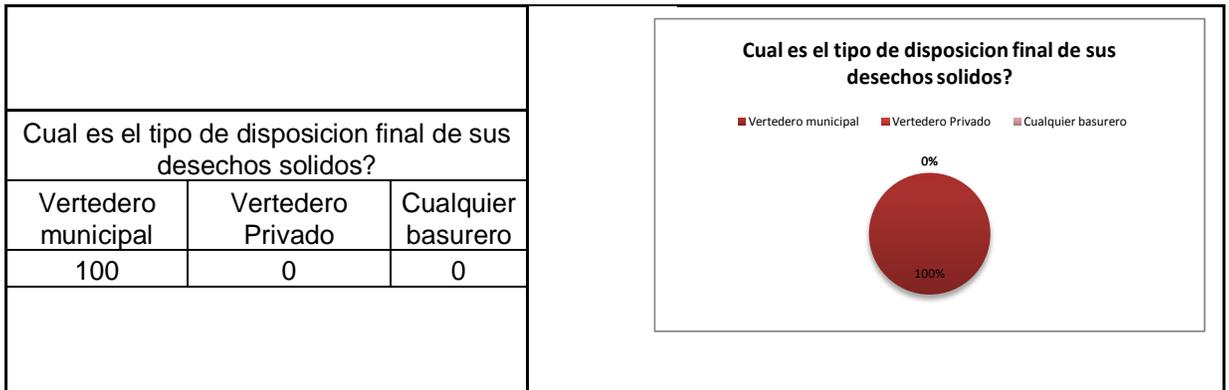
1º. Aprobar los estudios presentados por la División de Desarrollo Urbano de la Dirección de Planificación sobre la descripción de las zonas de la ciudad de Guatemala, que se detalla en la forma siguiente:

ZONA 11: Se describirá a partir de la intersección de la Calzada “Raúl Aguilar Batres” y de la Calzada “Roosevelt” a la altura del puente “Trébol”, siguiendo la Calzada Roosevelt hacia el nor-poniente hasta llegar al límite del municipio constituido por el riachuelo que divide las lotificación “Toledo” y “González”, ésta última en jurisdicción de Mixco, desde este punto se recorrerá dicho límite que lo constituye el riachuelo mencionado, luego el río “Molino” aguas abajo ambos y finalmente la quebrada “El Arenal” aguas arriba hasta alcanzar el Boulevard “Raúl Aguilar Batres” frente a la lotificación “El Carmen”; luego se seguirá dicho Boulevard “Raúl Aguilar Batres” frente a la lotificación “El Carmen”; luego se seguirá dicho Boulevard hacia en norte, hasta encontrar el punto de origen de la descripción.

Resultados de encuestas consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala durante los años 2008-2010, sector domiciliario







Resultados de encuestas consumo de agua potable en la zona 11 de la ciudad de Guatemala durante los años 2008-2010, sector industrial.

