



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE
POTABILIZACIÓN PARA ABASTECIMIENTO DE
AGUA SEGURA EN EL INSTITUTO DE
INGENIERÍA DE LA UNAM

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

IVÁN DANIEL MARTÍNEZ MELGAREJO

DIRECTOR(A) DE TESIS

DRA. MARÍA TERESA ORTA LEDESMA



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Índice

• Agradecimientos	3
• Introducción	5
• Capítulo 1: Antecedentes	6
○ 1.1 El Agua en el Valle de México	6
○ 1.2 Agua para Consumo Humano en la Ciudad de México	8
○ 1.3 Abastecimiento de Agua Potable en Ciudad Universitaria	12
○ 1.4 Calidad del Agua en Ciudad Universitaria	15
• Capítulo 2: Uso de Ozono para la Potabilización de Agua	18
○ 2.1 Ozono	18
○ 2.2 Límites Permisibles	18
○ 2.3 Tratamientos de Desinfección de Agua Potable	21
▪ 2.3.1 Desinfección con Cloro	27
▪ 2.3.2 Desinfección con UV	30
▪ 2.3.3 Desinfección con Ozono	32
– 2.3.3.1 Equipos de Ozonación	34
– 2.3.3.2 Carbón Activado	40
○ 2.4 Breve Explicación del Proyecto	41
• Capítulo 3: Requerimientos para Instalación de Equipo y Modificaciones a la Red de Abastecimiento	49
○ 3.1 Cuarto de Alojamiento para el Sistema de Ozonación	49
○ 3.2 Adecuaciones a la Red de Distribución de Agua Potable	50
▪ 3.2.1 Análisis de Presiones, Velocidades y Pérdidas dentro de la Red	51
▪ 3.2.2 Tanque Presurizado	54
○ 3.3 Obra Civil para Instalación de Bebederos	56
○ 3.4 Actualización de Planos de la Red de Distribución del Instituto de Ingeniería	56
• Capítulo 4: Mejoramiento del Agua Potable en el Instituto de Ingeniería	58
○ 4.1 Costo de Inversión	58
○ 4.2 Costo-Beneficio	60
○ 4.3 Mantenimiento y Correcta Operación del Sistema de Ozono	61
• Capítulo 5: Conclusiones	64
• Bibliografía	65
• Anexos	67

*“El mayor obstáculo para el descubrimiento no es la
ignorancia –es la ilusión de conocimiento”*

-Daniel J. Boorstin-

Agradecimientos

Realizar este trabajo fue fruto de un sin número de personas que me apoyaron a lo largo de éste trayecto. En las siguientes palabras intentaré devolver ese apoyo que recibí a lo largo de los años de todos ustedes.

Primeramente quiero agradecer a mis padres, Dolores Melgarejo y Felipe Martínez, y decirles no cuento con palabras suficientes para agradecerles todo lo que me han apoyado en estos años y por ser los pilares de mi formación y ejemplo a seguir, así como siempre ser esas manos que me empujaban cuando necesitaba un impulso. Quiero agradecer también a mi hermana Ana Elena Martínez por ser la persona que más me soportó y nunca dudó de mí; estoy sumamente orgulloso de cada paso que da y que dará.

También a mis abuelos, tíos, tías y primos que sin duda son una pieza más en este gran rompecabezas por sus enseñanzas, apoyo y verme como una persona que no creí ser capaz; espero que esto sólo sea el inicio de un gran proyecto gracias a ustedes.

A Edgar, Edher, Josué, Humberto, César, Héctor, Emmanuel, Salvador, Dalibor, Óscar, Fernando, David, Enrique, Juan Manuel, Luis, Rodolfo, Alan, José Manuel, Roberto y Alejandro, y demás amistades que creé a lo largo de la carrera; gracias por esas risas, partidos de fútbol, horas sin dormir, tareas, proyectos, clases y pláticas.

También a Verónica, Elizabeth, José, Pablo, Alfonso y Erik por su amistad incondicional, risas y apoyo a lo largo de diferentes etapas de mi vida.

A Gerardo Gordillo por su amistad y porque sin él mi vocación sería otra, gracias por hacer que me apasionara por la ingeniería civil.

Gracias a Eloisa, por estar presente en todo momento, su apoyo y siempre creer en mí en cada paso que doy.

A la UNAM no solo por darme un gran número de recuerdos en lo que considero un parte aguas en mi vida, también por la gran oportunidad que es estudiar en ella, la máxima casa de estudios.

A la Facultad de Ingeniería por mostrarme que mi conocimiento solo es un grano de arena más en la playa y no sirve de nada si no se aplica en beneficio de otros. Además de otorgarme la oportunidad de tomar clases con profesores de mucha sabiduría que hicieron que me entusiasmara por cada una de las ramas de la ingeniería civil.

Sin duda alguna al Instituto de Ingeniería por enseñarme un lado más enfocado a la investigación, convivir con compañeros de distintas carreras y aprender un poco de cada una de ellas.

A la Dra. María Teresa Orta Ledesma y su grupo de trabajo por aceptarme para la realización de este proyecto y contar con su apoyo y enseñanza en un área completamente nueva para mi que fue esencial para la creación de éste trabajo

Y todos mis compañeros del cubículo por su paciencia para explicar, las risas y pasteles que compartidos, muchas gracias.

Gracias a todos y cada una de las personas que hicieron de esto el éxito más grande de mi vida hasta el momento.

Introducción

El agua, es un líquido que es vital para la vida diaria de las personas. En zonas urbanas con alta densidad poblacional como el Valle de México que cuenta con 50 municipios del Estado de México, 15 municipios del Estado de Hidalgo, 4 municipios del Estado de Tlaxcala y 16 delegaciones de la Ciudad de México, todo esto suma un área de 9739 km² con 19, 239, 910 habitantes, lo que provoca varios problemas importantes como lo menciona Lilian Saade Haznin (2009) en el saneamiento y suministro del agua. Entre ellos se encuentran: cobertura insuficiente, un crecimiento de poblacional muy grande, un uso incompetente de varios sistemas de agua y una baja capacidad de tratamiento de agua.

La demanda de agua potable cada vez es mayor, por eso se deben tomar medidas a corto, mediano y largo plazo para poder cubrir la demanda futura, pues por el momento no son suficientes de acuerdo con Lilian Saade (2009) y Alberto Jaime Paredes (2009).

Por esta razón en el 2007 se crea el programa PUMAGUA (Programa de Uso, Manejo y Reúso del Agua) a raíz del Primer Encuentro Universitario del Agua, teniendo como objetivo el uso responsable del agua como modelo para el país.

Posteriormente, en el plan de desarrollo 2008-2012 del Instituto de Ingeniería surgió el proyecto RAM (Responsabilidad Ambiental) como uno de los 12 proyectos dentro de éste plan de desarrollo, que promueve el uso del ozono como método de desinfección del agua para consumo humano.

La presente tesis forma parte de uno de los proyectos de dicho programa RAM para mejorar la calidad del agua dentro del área del Instituto de Ingeniería, cuyo objetivo es la reducción de embotellados y mejorar las propiedades organolépticas del agua para consumo humano dentro del Instituto.

Como parte de esta tesis se realizó la evaluación de un sistema de potabilización con ozono en línea para abastecimiento de agua potable segura en el área del Instituto de Ingeniería, donde se suministra agua para consumo humano a los edificios 1, 5, 7, la Torre

de Ingeniería y el edificio 13, dejando el proyecto para una modificación a la red de distribución de agua para el suministro de los edificios 2, 3 y 4.

Como primera parte de esta evaluación se mencionan los requerimientos principales para albergar al sistema así como las modificaciones necesarias en la tubería para su correcto funcionamiento para posteriormente realizar una revisión de velocidades, gastos y presiones a lo largo del sistema de abastecimiento con ayuda de un caudalímetro y comparando los resultados obtenidos del sistema instalado con los ya registrados en la primera parte del proyecto. Dejando al último una comparativa del sistema y los beneficios que otorga así como su mantenimiento para una correcta operación y funcionamiento.

En el primer capítulo se hace mención de la distribución de agua en la Ciudad de México a nivel macro para finalizar a un nivel micro en Ciudad Universitaria.

El capítulo dos habla de los diferentes tipos de tratamiento de agua potable centrándose en el ozono.

La realización de las adecuaciones y modificaciones en la red así como las características del sistema de ozono se explican en el capítulo tres.

En el cuarto capítulo se hace una comparación de la inversión del equipo con sus beneficios además de el costo de su mantenimiento y la correcta operación del equipo.

El último capítulo se mencionan las conclusiones a las que se llegó en la presente tesis.

Objetivos

Objetivo principal

Evaluar las condiciones hidráulicas en la construcción del sistema de potabilización con filtros y ozono para suministrar agua potable verificando el cumplimiento de las condiciones de diseño preestablecidas en cuanto a flujo, velocidad y presión de la tubería.

Objetivos específicos

1. Promover el uso de ozono como desinfectante secundario, evitando cloro residual que origina variaciones en las propiedades organolépticas del agua, permitiendo con esto una mejor aceptación en el agua de la llave.
2. Verificar las condiciones de presión en la tubería a fin de no alterar la proporcionada por la red de 4 kg/cm².
3. Realizar un análisis de costo-beneficio para los usuarios, la UNAM y el ambiente.
4. Reducir el uso de consumo de agua embotellada que dañan al ambiente, además de permitir un ahorro económico para autoridades y usuarios del Instituto de Ingeniería.
5. Estimar el costo anual de mantenimiento a fin de prever su correcta operación.

Capítulo 1. Antecedentes

1.1 El agua en el Valle de México

“Desde sus orígenes, las sociedades humanas encontraron la forma de procurarse alimento, agua y abrigo acordes con las características de los hábitats que colonizaron en el planeta azul (...) Y así como variaron las formas de producción de alimento, igualmente sucedió con las formas de procurarse el agua necesaria, desde aquellas muy antiguas en que éstas se uso directamente en las fuentes mismas, sin modificación alguna, hasta las muy elaboradas actuales, que permiten captarla y conducirla desde fuentes muy lejanas hasta las viviendas, pasando por su empleo como fuente motriz y otros usos y variados aprovechamientos.” (Teresa Rojas Rabiela, Semblanza Histórica de México 2009 p.9)

Toussaint (1974) menciona que en México, con la llegada de los españoles se implementaron nuevos sistemas para el aprovechamiento del agua en el área de consumo donde se tienen los acueductos sobre arquerías, además de estos se tenían las pilas y las fuentes a las que acudían los usuarios a proveerse, incluidos los aguadores que llevaban el agua a domicilio.

Matés Barco (1999) menciona “el suministro de agua caracterizado por su uso per cápita mínimo (entre 5 y 10 litros por persona al día), por la diversidad de soluciones tecnológicas para garantizar el suministro (...), por lo limitado de su alcance, los problemas de calidad y por estar inmerso en un sistema donde el predominio agrícola es casi absoluto sobre otros

usos o consumos, este sistema de abastecimiento urbano prevaleció sin mayores modificaciones hasta el siglo XIX" (Citado por Martín Sánchez Rodríguez 2009, p. 31).

Goubert (1989) y Birrichaga (1997) comentan que "desde la segunda mitad del siglo XIX, las poblaciones de México y el mundo han visto cambiar sus condiciones de materiales. Así, en el ámbito del agua potable y el saneamiento, las diferencias entre el sistema antiguo y el moderno son notables. A finales del siglo XIX, las deficiencias en el servicio junto con las nuevas ideas sobre salubridad, higiene y modernización urbana impulsadas por el crecimiento económico, provocaron una febril actividad para mejorar la fisonomía de los servicios urbanos" (Citados por Martín Sánchez Rodríguez 2009, p. 39).

Como menciona Matés Barco "en materia hidráulica, los ingenieros consideraban que el sistema antiguo no garantizaba suministro de agua para la creciente población urbana, era insalubre, limitado y predominantemente rural. Así pues, propusieron y modernizaron el sistema de agua potable: elevar el consumo per cápita de 5-10 litros a 250-300 litros diarios por habitante, el uso de la red a partir de tuberías interconectadas, posibilidad de generalización del servicio, calidad controlable y posibilidades de especialización en el suministro" (Citado por Martín Sánchez Rodríguez 2009, p. 39).

La situación de México comenzó a cambiar a partir de la intervención del Gobierno Federal en el ramo de agua potable y saneamiento. Parte importante de ésta intervención fue la creación del Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas fundado en febrero de 1933, con el propósito de impulsar la construcción de obras de equipamiento urbano: agua, alcantarillado, mercados, rastros.

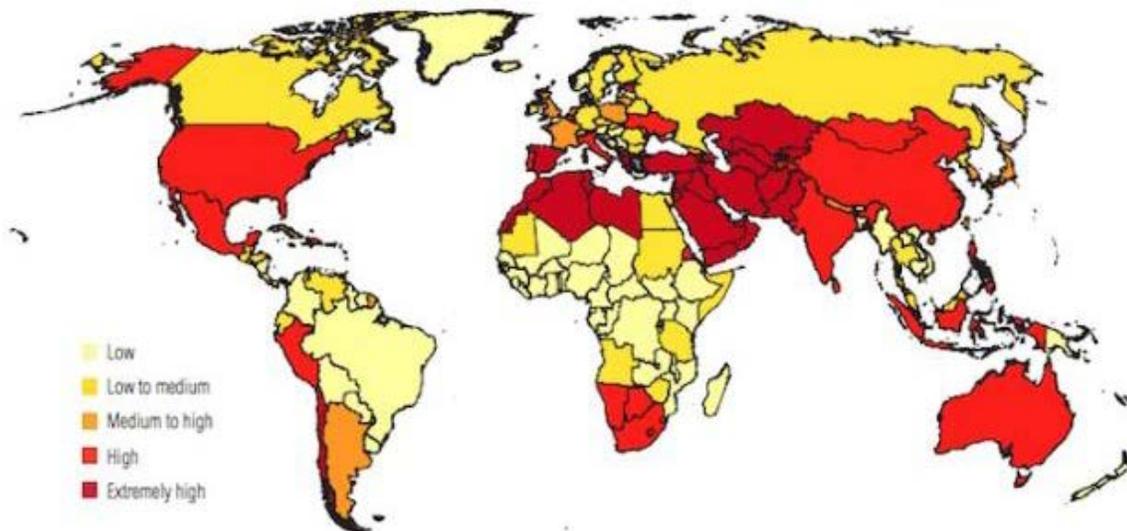
"Más trascendente fue el hecho de que la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), creada en 1947 para sustituir a la Comisión Nacional de Irrigación, concentrara esfuerzos y recursos económicos en materia de obras de agua potable y alcantarillado, y les diera cause por medio de la Dirección de Pequeñas Obras de Agua Potable" (Citado por Martín Sánchez Rodríguez 2009, p. 41) como lo menciona la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

La cobertura de agua potable y alcantarillado en el país para finales del siglo XX y principios del XXI presenta una situación totalmente distinta. En el censo de 1990 se registró que el 89.4% de la población urbana y el 51.2% de la población rural tenían cobertura de agua potable. Mientras en el censo del 2005, la cifra se había elevado a 95.0% y 70.7% respectivamente.

Según describe CONAGUA (2009), en la actualidad el Valle de México tiene una extensión territorial de 9739 km² que comprende 50 municipios del Estado de México, 15 municipios del Estado de Hidalgo y 4 municipios del Estado de Tlaxcala, más las 16 delegaciones políticas del Distrito de Federal, es por ello que la situación de los recursos hídricos en el Valle de México es muy crítica. El crecimiento urbano ha significado que la disponibilidad actual de agua en el Valle esté en el orden de 74 m³/habitante, lo que podría considerarse como una situación de estrés hídrico extremo.

Estudios del Instituto de Recursos Mundiales, México se encuentra entre los países que están en riesgo de sufrir una crisis de escasez de agua para el año 2040 como se puede observar en la figura 1.1.

Figura 1.1. Posible escenario del nivel de estrés de agua por país para el año 2040



Fuente: World Resources Institute, Agosto 2015

Por esta razón se buscan nuevas alternativas verdes y eficientes para el uso de agua en México que puedan aminorar los problemas futuros de éste importante recurso.

1.2 Agua para consumo humano en la Ciudad de México

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México está localizada en la Cuenca del Valle de México, que está rodeada por las cuencas de los ríos Lerma, Cutzamala, Amacuzac, Libres Oriental y Tecolutla. Las cuencas de los ríos Lerma y Cutzamala, juntas con los acuíferos del Valle de México contribuyen con el 70%, la cuenca de los ríos Lerma-Balsas con 9% y la cuenca del río Cutzamala con el 21%. Los pocos cuerpos de agua superficiales que aún existen en la cuenca del Valle de México proveen solo el 2.5%.

Dentro de la Ciudad de México, el agua es distribuida mediante una red primaria de 1074 km (con diámetro de 0.5-1.83m) y una red secundaria de 12,278 km (con diámetros menores a 0.5m). El sistema de suministro de agua comprende 16 presas con una capacidad total de almacenaje de 2827.90 km³.

En la tabla 1.1 se muestra las fuentes que abastecen la Zona Metropolitana de la Ciudad de México así como su porcentaje de participación.

Tabla 1.1. Suministro de agua para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

	Distrito Federal (m³/s)	Estado de México¹ (m³/s)	Total (m³/s)	Porcentaje
Fuentes Internas	20.0	25.2	45.2	68.5
Pozos	19.0	24.8	43.8	66.4
Manantiales y Ríos	1.0	0.4	1.4	2.1
Fuentes Externas	14.8	6.0	20.8	31.5
Cutzamala	9.9	5.0	14.9	22.6
Lerma	4.9	1.0	5.9	8.9
Total	34.8	31.2	66.0	100.0
Porcentaje	52.7	47.3	100.0	

¹ Solo los municipios que comprenden la ZMCM

Fuente: INEGI (2003)

El INEGI menciona que en el 2000, 95.3% de la población de la Ciudad de México y el 84.2% del Estado de México tenían acceso al agua, ya sea con una conexión directa a la casa o por usos de grifos comunes en el vecindario.

La Ciudad de México entre sus múltiples complejidades, tiene la del abastecimiento de agua potable en cantidad y calidad, actualmente tiene una cobertura del 98% en tomas domiciliarias y el 2% restante lo realiza en cotas inaccesibles mediante carros pipa. La ciudad tiene un suministro de agua potable razonable mediante el aporte al poniente del Sistema Lerma-Cutzamala (figura 1.2) y manantiales superficiales de la demarcación Magdalena Contreras, al norte por el Sistema Chiconautla y Chalmita, al oriente por La Caldera, el Sistema Peñón de los Baños y el Cerro de la Estrella y al sur por el Sistema Xotepingo, complementando el caudal de 600 pozos ubicados dentro del D.F. en las diferentes delegaciones políticas, siendo el suministro actual de 30.5 m³/s.

Figura 1.2. Sistema Cutzamala para el abastecimiento de agua potable en la Ciudad de México

SISTEMA CUTZAMALA

CIUDAD DE MÉXICO



Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACMEX

El agua en la Ciudad de México es un recurso importante, por ésta razón es indispensable tener métodos adecuados para su desinfección. Durante el periodo 2000-2011 el agua desinfectada para consumo humano en México pasó de 94.4% a 97.6% en la tabla 2 y 3 se observan las diferentes plantas potabilizadoras en todo México y la plantas de potabilización de la Ciudad de México.

Además, de manera coordinada, la CONAGUA trabaja con los tres órdenes de gobierno, debido a que hay plantas que fueron abandonadas por falta de productividad o porque la delegación no tiene los recursos para mantenerlas, en la reactivación de dichas plantas que están fuera de operación y aprovechar su capacidad instalada de las ya existentes; aunado a esto, la Secretaría de Salud en conjunto con la CONAGUA, establecieron las siguientes normas que regulan los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable:

- Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.

Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Publicada el 12 de julio de 2005

- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada el 18 de enero de 1996.

- Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998.

Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por los sistemas de abastecimiento público. Publicada el 24 de septiembre de 2001.

Tabla 1.2. Distribución de plantas potabilizadoras en todo el país.

Entidad Federativa	En Operación		
	Nº de Plantas	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Potabilizado (l/s)
Aguascalientes	3	44.0	26.0
Baja California	31	12 156.0	6 383.7
Baja California Sur	17	215.9	215.5
Campeche	2	25.0	23.0
Chiapas	6	4 662.0	2 588.0
Chihuahua	4	650.0	380.0
Coahuila de Zaragoza	18	2 132.2	1 707.2
Colima	33	10.7	4.7
Distrito Federal	37	4 448.5	3 016.0
Durango	33	29.7	21.8
Guanajuato	29	429.8	362.5
Guerrero	12	3 328.0	2 966.0
Hidalgo	3	180.0	180.0
Jalisco	26	16 263.0	12 031.0
México	11	22 164.0	16 739.0
Michoacán de Ocampo	5	3 025.0	2 495.0
Morelos	3	5.9	2.5
Nayarit	0	0.0	0.0
Nuevo León	12	14 571.2	7 126.2
Oaxaca	6	1 291.3	771.3
Puebla	3	615.0	324.5
Querétaro de Arteaga	7	1 769.0	1 562.0
Quintana Roo	0	0.0	0.0
San Luis Potosí	14	1 315.0	957.1
Sinaloa	143	9 223.0	8 056.6
Sonora	23	4 048.4	2 050.0
Tabasco	39	10 460.0	8 715.0
Tamaulipas	54	14 545.0	11 538.0
Tlaxcala	0	0.0	0.0
Veracruz de Ignacio de la Llave	13	6 912.0	4 393.7
Yucatán	0	0.0	0.0
Zacatecas	66	11.1	10.8
Total	653	134 530.7	94 647.2

Fuente: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Potabilización y Tratamiento

Tabla 1.3. Tipo de plantas potabilizadoras en el Distrito Federal.

Entidad Federativa	Adsorción		Clarificación Convencional		Filtración Directa		Filtros Lentos		Osmosis Inversa		Remoción de Hierro y Manganeseo		Total	
	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)	Nº	Q (l/s)
Distrito Federal	12	1108.0	2	294.0	9	530.0	1	350.0	10	536.0	2	198.0	37	3016.0

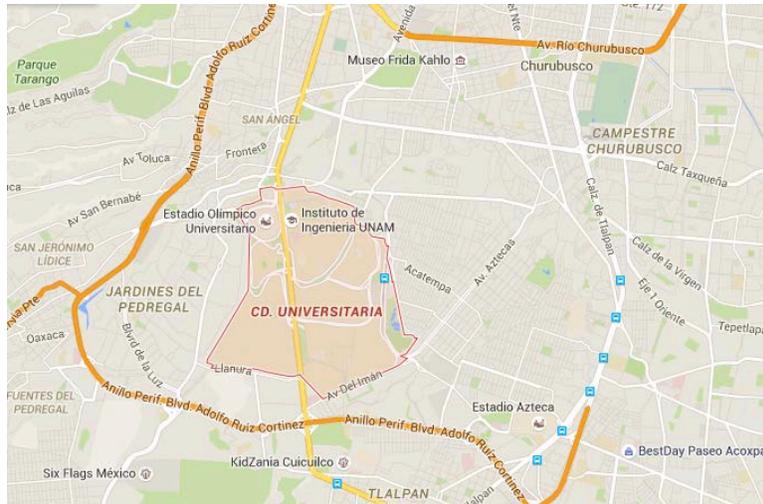
Fuente: CONAGUA/SGAPDS/Gerencia de Potabilización y Tratamiento

CONAGUA (2013) menciona "a pesar de contar con una cobertura de suministrar 31,930.0 l/s y desinfectar el 98.7% de éste caudal", en una encuesta realizada por el Gobierno de la República en el mes de octubre del 2014 se obtuvo que el 84% de los entrevistados considera que la calidad del agua entubada es buena o excelente, 78% consume agua embotellada. La razón principal para preferir el agua embotellada sobre la entubada es que consideran que la primera no es riesgosa para la salud (48%), y en segundo lugar, porque les parece que tiene mejor sabor (17%). El monto promedio mensual invertido en este producto es de 149.00 pesos, 40% más de lo que se paga por el agua entubada, por un volumen de agua alrededor de 200 veces menor (H₂O Gestión del Agua, Julio-Septiembre 2015).

1.3 Abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria

Ciudad Universitaria se localiza en la Ciudad de México en la delegación Coyoacán en las cercanías del Pedregal de San Ángel.

Figura 1.3. Ubicación de Ciudad Universitaria.



Fuente: Google Maps; INEGI 2015

En la zona del pedregal donde se ubica el campus universitario es una zona de recarga a los mantos acuíferos. Por medio de la extracción de agua potable de tres pozos diferentes se abastece Ciudad Universitaria (figura 1.4):

a. Pozo del Vivero Alto

Éste suministra agua a la Zona Cultural y el agua restante se bombea al tanque del Vivero Alto

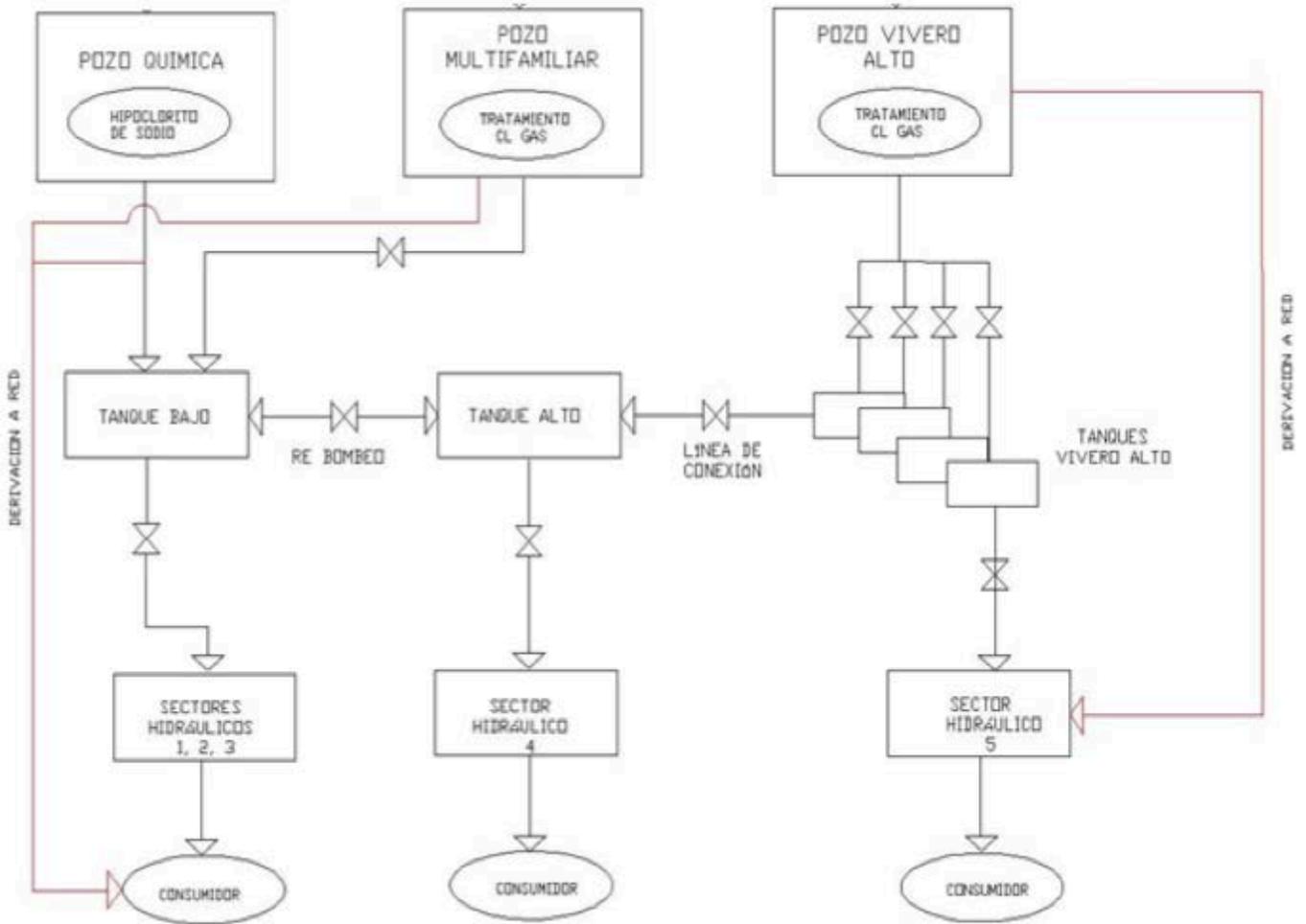
b. Pozo Multifamiliar

Abastece agua al Tanque Bajo que a su vez suministra agua a la Zona Central o Casco Viejo

c. Pozo de Química

El agua de éste pozo se manda al Tanque Bajo que a su vez se rebombea hacia el Tanque Alto, que es utilizada para suministrar agua a la Zona del Estadio, la Dirección de Obras, el área de Actividades Recreativas, etc. El pozo se utiliza algunos días al mes para evitar su inactividad y posible contaminación.

Figura 1.4. Red de Distribución de Agua Potable en Ciudad Universitaria



Fuente: Marini, 2013.

La red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria está integrada por cerca de 54 km. de tubería de muy diversos diámetros y materiales como se muestra en la tabla 1.4.

Tabla. 1.4 Longitud y porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución

Material	Longitud (m)	(%)
Acero	25, 610.00	47.81
Asbesto	11, 785.00	22.00
Fierro Fundido	9, 623.00	17.96
PEAD	750.00	1.40
PVC	5, 802.00	10.83
Total	53, 570.00	100

Fuente: Balance Hidráulico, PUMAGUA, 2009

Sectorización

El propósito de sectorizar la red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria es el incrementar su eficiencia hidráulica y ejercer un mayor control operativo de parámetros como la presión, la cantidad de agua, detección de fugas, así como la calidad del agua e iniciar bien un programa de control de pérdidas con base a un análisis hidráulico de alto nivel, aplicando simuladores hidráulicos de redes de agua potable y tecnología de punta sobre sistemas de control automático y medición. (Rocha 2012).

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada por el equipo de trabajo PUMAGUA de la red de agua potable de Ciudad Universitaria, se recomendó segmentar la red en cinco sectores hidráulicos (figura 1.5), tomando como principal criterio las presiones (y, en consecuencia, la topografía) que arrojó la simulación matemática, con datos obtenidos durante el diagnóstico (PUMAGUA 2010a).

Figura 1.5. Sectorización de Ciudad Universitaria.



Fuente: Avances, PUMAGUA 2009.

En Ciudad Universitaria para tener un mejor control del sistema de abastecimiento se optó por dos sistemas de monitoreo:

Macromedición

Esto permite saber el caudal destinado a las entidades dentro del campus así como la variación de los niveles en los tanques de abastecimiento.

Micromedición

Ésta medición se realizó implementando medidores dentro de las entidades para obtener un registro de suministro dentro de las mismas.

Además, cada uno de los sectores hidráulicos fue dividido en subsectores de bajo el mismo criterio de los sectores hidráulicos. Se formaron 19 subsectores para la medición del gasto nocturno y detección de fugas (PUMAGUA 2010).

1.4 Calidad del agua en Ciudad Universitaria

Dado que el abastecimiento de Ciudad Universitaria se realiza por la extracción de agua subterránea se necesitaba un programa de vigilancia y control de calidad del agua para uso y consumo humano, desde las fuentes de abastecimiento, los sistemas de almacenamiento y la red de distribución de agua (figura 6). Así se minimizarán los riesgos para la salud de naturaleza tanto fisicoquímica como microbiológica que representen un peligro para la población.

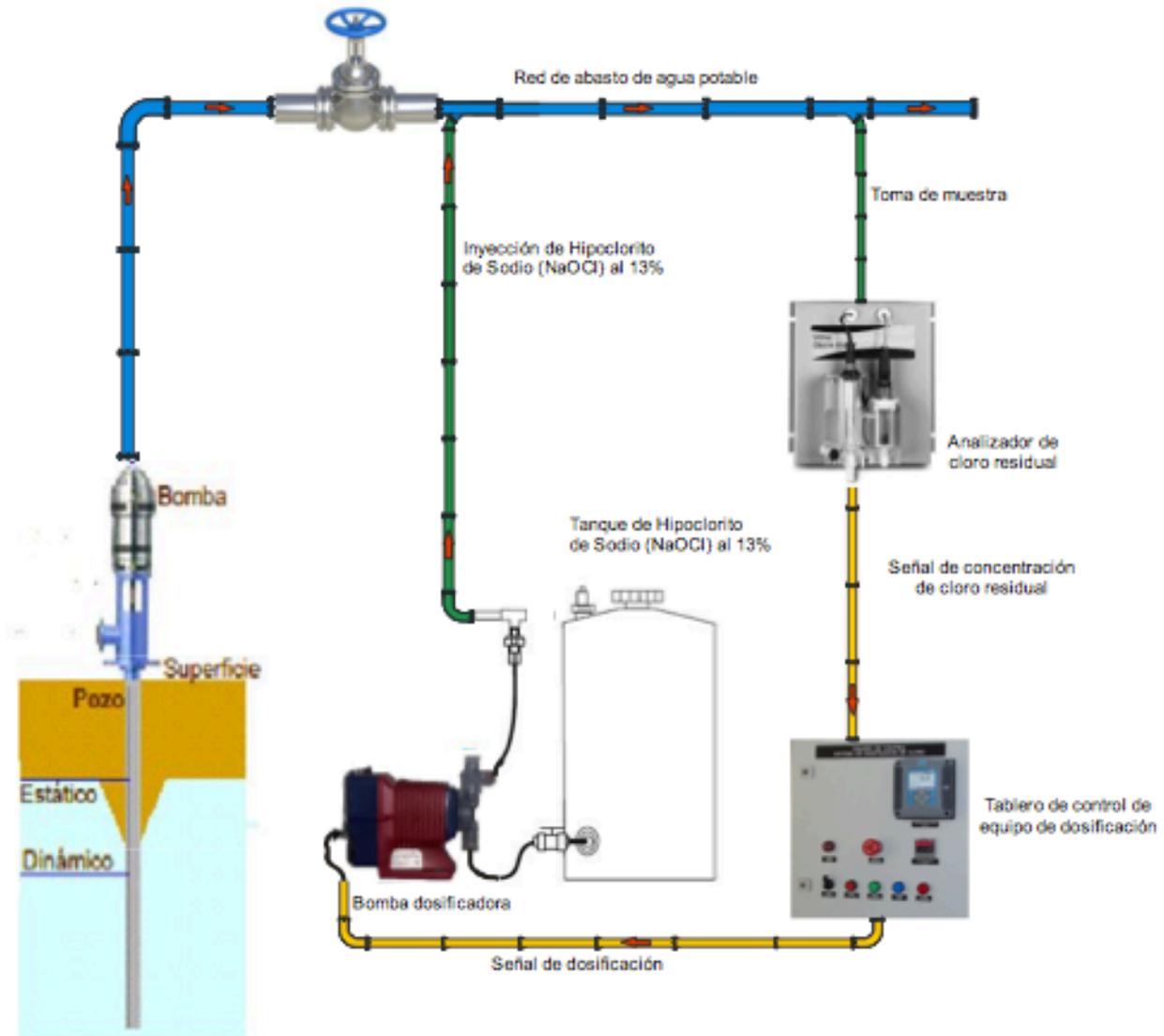
Para esto se integró un grupo de trabajo conformado por tres dependencias universitarias: el Instituto de Ingeniería, quien evalúa la calidad del agua considerando lo que se establece en la NOM-127-SSA1-2000 y NOM-003-SEMARNAT-1996. El Instituto de Ecología, encargado del análisis de la calidad del agua a partir de indicadores microbiológicos alternativos no considerados en las Normas Oficiales Mexicanas, como son enterococos fecales, bacteriófagos, enterovirus y adenovirus, por último, la Facultad de Medicina, quien valora la calidad de agua a partir de la presencia de bacterias patógenas o potencialmente patógenas, que son transmitidas por agua y que son agentes causantes de enfermedades gastrointestinales, así como también microorganismos que producen infecciones diversas cuyo vehículo de transmisión es el agua como lo son representantes del género *Mycobacterium* (PUMAGUA 2010).

Los resultados del monitoreo integral de la calidad del agua realizado por PUMAGUA durante el primer semestre del 2015, aunado a los obtenidos en el año 2014 por un laboratorio externo acreditado, indican que el agua que se abastece en el campus Ciudad Universitaria es apta para el uso y consumo humano, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "*Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites*

permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", modificada en el año 2000 (Boletín #26 PUMAGUA 2015).

Figura 1.6. Sistema de Desinfección en Ciudad Universitaria

Sistema de desinfección con Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 13%



Pozo de extracción

Fuente: Boletín #5, PUMAGUA, Abril 2012

En Ciudad Universitaria también se cuenta con bebederos para el consumo de agua potable (figura 1.7) regulados por PUMAGUA mediante su Semáforo de Calidad de Agua, se instalaron nuevos bebederos en la Facultad de Medicina para estandarizar los mismos y monitorear que cumplan la Norma Oficial Mexicana 127 mediante el Sistema de Monitoreo de Agua (SUMA).

Figura 1.7. Localización de Bebederos en Ciudad Universitaria



Fuente: PUMAGUA, Semáforo de Calidad del Agua

Figura 1.8. Nuevo Modelo de Bebederos de PUMAGUA en la Facultad de Medicina



Fuente: PUMAGUA

Capítulo 2. Uso de ozono para potabilización de agua

2.1 Ozono

El ozono ha existido en la naturaleza desde que los relámpagos se dibujaban a través de una atmósfera oxigenada, y siempre se ha identificado fácilmente por su olor acre tan característico, incluso en concentraciones bajas. Pero solo desde la investigación científica y tecnológica se ha identificado y entendido adecuadamente.

El ozono fue identificado primero como una sustancia química por el científico alemán Friedrich Schönbein en 1840. En sus experimentos con electrolisis y chispas eléctricas, él reconoció un olor igual al encontrado después de un destello de luz. Él nombró a la sustancia "ozono" que es el término griego para olor.

La identidad química del ozono (O_3) fue finalmente identificada por Soret en 1865, y el resultado fue confirmado poco antes de la muerte de Shöbein en 1867.

El ozono industrial es creado al introducir oxígeno entre un par de cátodo y ánodo cargados. El campo eléctrico rompe la molécula de oxígeno (O_2) en dos átomos de oxígeno (O) los cuales inmediatamente forman un enlace débil con una molécula ordinaria de oxígeno para generar ozono (O_3). Éste método es similar al efecto que realiza el relámpago a través de la atmósfera.

2.2 Límites permisibles

El control de calidad del agua, para uso y consumo humano es esencial garantizar la salud pública, por lo que es necesario contar con un instrumento que regule y establezca las características que debe contener el agua, así como su cuidado a través de un programa de control y seguimiento por parte de los responsables de operar, mantener y administrar el sistema de abastecimiento y de su vigilancia por parte de la autoridad sanitaria; por ésta razón el 22 de noviembre de 2000 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental. "Agua

para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. En ésta norma se definen básicamente dos cosas:

- a) Límites permisibles para el agua potable en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.
- b) Los tratamientos de potabilización.

Debido a que el captación de agua en Ciudad Universitaria es de una fuente subterránea y de acuerdo con la Red Nacional de Monitoreo (1987-1998), las fuentes de agua subterránea son las que presentan mejor calidad comparadas con las fuentes superficiales (CNA 2007), solo se debe monitorear que no se presenten problemas por coliformes fecales, cloruros, amoníaco, color, pH, alcalinidad, sólidos disueltos y conductividad eléctrica. Por esa razón se presenta a continuación algunos de los límites permisibles presentados en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "*Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*"

Límites permisibles de características bacteriológicas

El contenido de organismos resultantes del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la tabla 2.1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

Tabla 2.1. Límites Permisibles de Características Bacteriológicas

Característica	Límite Permissible
<i>Organismos Coliformes Totales</i>	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
<i>Organismos Coliformes Fecales</i>	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

Los resultados de los exámenes se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (Número Más Probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (Unidades Formadoras de Colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración de membrana.

Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Límites Permisibles de Características Físicas y Organolépticas

Característica	Límite Permissible
Color	20 Unidades de Color Verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y Sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 Unidades de Turbiedad Nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

Límites Permisibles de Características Químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la tabla 2.3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique lo contrario.

Tabla 2.3. Límites Permisibles de Características Químicas

Característica	Límite Permissible
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro Residual Libre	0.2-1.50
Cloruros (Como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo Total	0.05
Dureza Total (Como CaCO₃)	500.00
Fenoles o compuestos Fenólicos	0.001

Fierro	0.30
Fluoruro (Como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (Como N)	10.00
Nitritos (Como N)	0.05
Nitrógeno Amoniacal (Como N)	0.50
pH en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y Dieldrín (Separados o Combinados)	0.03
Clordano (Total de Isómeros)	0.30
DDT (Total de Isómeros)	1.00
Gamma-HCH (Lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y Epóxido de Heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4-D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos Disueltos Totales	1000.00
Sulfatos (Como SO₄=)	400.00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos Totales	0.20
Zinc	5.00

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994

A nivel nacional no se cuenta con un límite permisible recomendado para el uso de ozono en agua potable y a nivel mundial la única institución que cuenta con un residencial recomendado para el agua potable es la Organización Mundial de la Salud, WHO por sus siglas en inglés, que dicta un residual de 0.5 mg/l después de un tiempo de contacto de 20 minutos y el tipo de dosis varía dependiendo del tipo de agua, teniendo una concentración de 2 a 5 mg/l para agua de consumo humano, ya que dosis mayores son para agua residual.

2.3 Tratamientos de desinfección de agua potable

El suministro de agua potable implica diversos aspectos entre los que se encuentra la adecuación de su calidad para consumo humano. Para ello se requiere encontrar la forma más conveniente de hacerlo, tanto desde el punto de vista técnico como del económico. Lo más común es efectuar el suministro de agua a partir de las denominadas fuentes

convencionales, compuestas por las aguas subterráneas (acuíferos) y las superficiales (ríos, lagos y presas) (CONAGUA 2009).

Como menciona CONAGUA (2009) el concepto de desinfección nace de reconocer a las bacterias como agentes causantes de enfermedades es por eso que llevar a cabo la desinfección del agua es muy importante. La elección del tipo de proceso se hace con base a la calidad de la fuente, el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994 "*Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*", gasto a tratar, costos, la eficiencia y posible automatización.

La amenaza microbiana para el abastecimiento de agua potable aumenta por la probabilidad de contaminación de heces de origen humano o animal que contienen microorganismos dañinos.

Los efectos de salud humana causados por patógenos transmitidos por el agua varían en severidad, desde una leve gastritis hasta severa y algunas veces diarrea fatal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. Agua contaminada puede ser la fuente de grandes brotes de enfermedad, incluido cólera, disentería y criptosporidiosis; para la mayoría para los patógenos transmitidos por agua hay otras fuentes importantes de infección, como contacto de persona a persona y comida.

El espectro cambia en respuesta a variables como el incremento en la población humana y animal, el uso incrementado de agua tratada, cambios en el estilo de vida e intervención médica, movimientos de población entre otros. La inmunidad de las personas también cambia considerablemente, ya sea adquirido por contacto con un patógeno o por factores como la edad, sexo, estado de salud y condición de vida.

Dentro de los patógenos podemos encontrar:

- Bacterias

La mayoría de las bacterias potencialmente transmitidas por agua infectan el tracto gastrointestinal y son excretadas en las heces de las personas infectadas y de otros animales. Sin embargo, también hay otras bacterias transmitidas por agua, como *Legionella*, *Burkholderia pseudomallei* y microbacterias atípicas, que pueden crecer en agua y suelo. Las rutas de transmisión de éstas bacterias incluye inhalación y contacto, con infecciones en el sistema respiratorio, en lesiones de la piel o en el cerebro.

- Virus

Virus asociados con la transmisión por agua son predominantemente aquellos que pueden infectar el tracto gastrointestinal y son excretados en las heces de humanos infectados. Virus entéricos típicamente causan enfermedades agudas con un periodo de incubación corto. EL agua puede jugar un rol en la transmisión de otros virus con diferentes modos de acción. Como grupo, los virus pueden causar una gran variedad de infecciones y síntomas con diferentes rutas de transmisión, rutas y sitios de infección y rutas de excreción.

- Protozoarios

Protozoarios y helmintos son entre los más comunes en causar infecciones y enfermedades en humanos y animales. Éstas enfermedades tienen un mayor impacto socioeconómico y en la salud pública. El agua tiene un papel importante en la transmisión de éstos patógenos. El control para la transmisión de estos patógenos en agua tienen cambios, porque varios de estos patógenos producen quistes, ooquistes o huevos que son extremadamente resistentes a procesos generalmente usados en la desinfección de agua y en algunos casos son difíciles de remover en la filtración. Algunos de estos organismos causan "enfermedades emergentes". En los últimos 25 años, el ejemplo más notable de una enfermedad emergente causada por un protozoario es criptosporidiosis.

- Helmintos

La palabra "helmito" viene de la palabra griega "gusano" y se refiere a todos los tipos de gusano, tanto vivos como parásitos. Los gusanos parásitos más comunes son clasificados primeramente como nemátodos (gusano redondos) y en el filo Platelminfos (gusanos

delgados incluyendo los trematodos). Los parásitos infectan un gran número de personas y animales a nivel mundial. Para la mayoría de los helmintos, el agua potable no es una vía de importante de transmisión. Hay dos excepciones, *Dracunculus medinensis* (gusano de guinea) y *Fasciola spp.* (*F. hepatica* y *F. gigantica*) (duela del hígado). Dracunculiasis y fascioliasis necesitan un huésped para completar su ciclo de vida, pero son transmitidos por agua potable mediante diferentes rutas. Otras helmintiasis puede ser transmitida por contacto con agua (esquistosomiasis) o son asociados con el uso de agua residual sin tratar en la agricultura (ascariasis, anquilostomiasis y estrogiloidiasis) pero no son usualmente transmitidos por agua potable.

Los patógenos que pueden ser transmitidos por agua potable contaminada son diversos. La siguiente tabla provee información general de patógenos que son de relevancia para el manejo de abastecimiento agua potable.

Tabla 2.4. Patógenos transmitidos por agua y su significancia en suministros de agua.^a

Patógeno	Significancia para la Salud ^b	Persistencia en agua ^c	Infección relativa ^d	Importancia de fuente animal
Bacteria				
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	No
<i>Campylobacter jejuni, C. coli</i>	Alta	Moderada	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> -Patogénica ^e	Alta	Moderada	Baja	Sí
<i>E. coli</i> -Enterohemorrágica	Alta	Moderada	Alta	Sí
<i>Legionella spp.</i>	Alta	Puede multiplicarse	Moderada	No
<i>Micobacteria no tuberculosa</i>	Baja	Puede multiplicarse	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^f	Moderada	Puede multiplicarse	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Moderada	Baja	No
Otra salmonellae	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Sí
<i>Shigella spp.</i>	Alta	Poca	Alta	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Poca a grande ^f	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Moderada	Grande	Baja	Sí
Virus				
Adenovirus	Moderada	Grande	Alta	No
Enterovirus	Alta	Grande	Alta	No
Astrovirus	Moderada	Grande	Alta	No

Hepatitis A virus	Alta	Grande	Alta	No
Hepatitis E virus	Alta	Grande	Alta	Potencial
Norovirus	Alta	Grande	Alta	Potencial
Sapovirus	Alta	Grande	Alta	Potencial
Rotavirus	Alta	Grande	Alta	No
Protozoarios				
<i>Acanthamoeba spp.</i>	Alta	Puede multiplicarse	Alta	No
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Alta	Grande	Alta	Sí
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Alta	Grande	Alta	No
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	No
<i>Giarda intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	No
<i>Naegleria fowleri</i>	Alta	Puede multiplicarse ^g	Moderada	No
<i>Taxoplasma gondii</i>	Alta	Grande	Alta	Sí
Helmintos				
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Alta	No
<i>Schistosoma spp.</i>	Alta	Baja	Alta	Sí

Fuente: World Health Organization 2008

- a. Esta tabla contiene patógenos de los cuales hay evidencia de su importancia a la salud relacionada a su importancia en fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.*
- b. Importancia en la salud relacionado a la incidencia y severidad de la enfermedad, incluyendo su asociación con brotes.*
- c. Periodo de detección para etapa infecciosa en agua a 20 °C; corto, hasta una semana; moderado, 1 semana a 1 mes; largo, más de un mes.*
- d. De experimentos con humanos voluntarios, de evidencia epidemiológica y de estudios experimentales en animales. Alto significa dosis infecciosa puede ser 1-10² organismos o partículas, moderado 10²-10⁴ y bajo >10⁴.*
- e. Incluye enteropatógena, enterotoxigénica, enteroinvasiva, de adherencia difusa y enteroagregativa.*
- f. Vibrio cholerae puede persistir por periodos largos en asociación con copépodos y otros organismos acuáticos.*
- g. En agua tibia.*

“La desinfección se puede realizar por aplicación de calor, luz, agentes químicos oxidantes, ácidos y álcalis, iones metálicos o contacto con superficies activadas químicamente. Los procesos por los cuales los organismos patógenos pueden ser inactivados se clasifican como físicos y químicos. La tabla 2.5 indica los principales métodos que existen.” (CONAGUA 2009)

Tabla 2.5. Principales métodos de desinfección

Métodos Físicos	Filtración Temperatura Sedimentación Radiación (solar, luz UV, Gamma) Procesos electrolíticos
------------------------	--

Métodos Químicos

Yodo
Bromo
Plata ionizada
Ozono
Cloro

Fuente: CONAGUA 2009

La desinfección es un proceso diseñado para la reducción del número de microorganismos patógenos. Mientras que otros procesos de tratamiento de agua, como la filtración o la coagulación-floculación-sedimentación, pueden lograr una reducción en los patógenos, no es generalmente su meta primordial.

El objetivo de la desinfección de agua para consumo humano es para prevenir que las personas se infecten por microorganismos patógenos que son transmitidos por la ruta del agua. Por el proceso de desinfección del agua los microorganismos son inactivados; esto quiere decir que estos microorganismos inactivados han perdido su infección y ya no son una amenaza para los humanos.

“Debido a que el agua puede contaminarse con una gran variedad de patógenos, es necesario detectar dichos contaminantes en el agua para asegurar la calidad de ésta, sin embargo, existen una gran cantidad de patógenos que pueden estar presentes en el agua y sería muy difícil detectarlos a todos; es por esto que se cuentan con indicadores bacteriológicos, que son organismos de un grupo específico que por su sola presencia demuestran que ha ocurrido algún tipo de contaminación, y en ocasiones, sugieren su origen” (CONAGUA 2009).

Para realizar la desinfección se debe tomar en cuenta algunos factores importantes y comunes que nos permiten realizar este proceso, como lo son:

- *Tiempo de Contacto*

Probablemente sea una de las variables más significativas en el proceso de desinfección. Se ha observado que para una concentración dada de desinfectante mientras mayor es el

tiempo de contacto mayor será la eficiencia de desinfección. Esta observación fue formalizada por Chick, quien estableció la siguiente ley:

$$\frac{dN}{dt} = -kN_t \dots\dots\dots(1)$$

Donde

N_t : Número de microorganismos al tiempo t

t : Tiempo

k : Constante de inactivación [t^{-1}]

Si N_0 representa el número de microorganismos cuando t es 0, entonces la ecuación queda:

$$\begin{aligned} \frac{N_t}{N_0} &= e^{-kt} \\ \ln \frac{N_t}{N_0} &= -kt \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

- *Tipo y Concentración del Agente Químico*

Dependiendo del agente químico, se ha observado que la eficiencia de la desinfección está relacionada con la concentración del agente.

- *Intensidad y Naturaleza del Agente Físico*

La efectividad de los agentes físicos como el calor o la luz UV dependen directamente de su intensidad. Esto quiere decir que a mayor intensidad, mayor es la constante de inactividad.

- *Temperatura*

Al incrementar la temperatura aumenta la velocidad de inactivación. Ésta relación, es función del tiempo requerido para afectar determinado porcentaje de los microorganismos y está dada por la relación de Arrhenius.

$$\ln \frac{t_1}{t_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{RT_1T_2} \dots\dots\dots(3)$$

Donde

t_1, t_2 : Tiempo para inactivar un porcentaje dado de la población a las temperaturas T_1 y T_2 [°K]

E: Energía de activación [J/mol]

R: Constante de los gases 8.314 [J/mol °K]

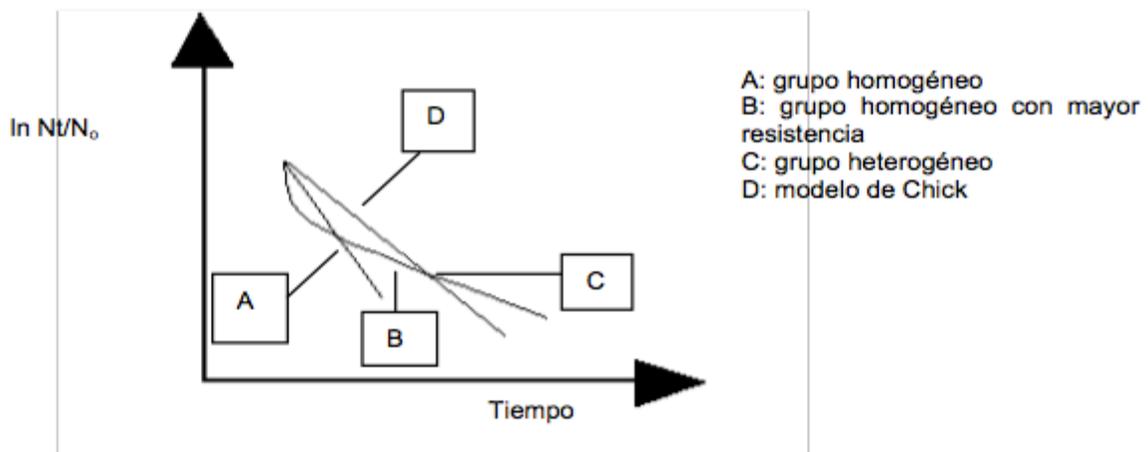
- *Número de Microorganismos*

De acuerdo con la ley de Chick, el grado de desinfección del agua, es proporcional al número de microorganismos y a la concentración del desinfectante, siempre y cuando la temperatura y el pH del agua permanezcan constantes, esto es:

$$N_t = N_0 e^{-kt} \dots\dots\dots(4)$$

En la mayoría de los casos, los datos muestran una desviación del modelo ideal de Chick como se muestra en la siguiente figura

Figura 2.1. Ley de Chick y las desviaciones comúnmente encontradas



Fuente: Bitton 1994

De acuerdo con las relaciones anteriores se puede decir que a mayor concentración de microorganismos, mayor tiempo requerirá para inactivarlos.

- *Tipo de Microorganismo*

La eficiencia de los diferentes agentes de desinfección es afectada por la naturaleza y condición de los microorganismos. Por ejemplo, las bacterias en crecimiento son inactivadas fácilmente, mientras que las esporuladas son muy resistentes. En estos casos es recomendable utilizar otros agentes desinfectantes.

- *Naturaleza del Agua*

El agua debe ser caracterizada apropiadamente antes de aplicar cualquier agente desinfectante. Esto debido a que la presencia de diversos compuestos o materia orgánica pueden afectar en la eficiencia de desinfección.

Para denotar una buena desinfección del agua se ha establecido en una reducción de concentración de bacterias y virus patógenos de 4 log (99.99%) y una reducción de protozoarios de 3 log (99.9%) (EPA 1999).

Con la preocupación creciente de remover e inactivar algunos de los patógenos más resistentes, como *Giardia* y *Cryptosporidium*, mientras minimizando la desinfección con productos, otras opciones además de la cloración han ganado popularidad.

Dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "*Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*" se mencionan algunos métodos de tratamiento para el agua potable dependiendo de los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua.

2.3.1 Desinfección con Cloro

“El cloro se usó por primera vez con fines sanitarios en 1851 en Londres para desodorizar lodos. En agua, como método de desinfección se empleó hasta 1908 en Bubbley Creck, Chicago. Actualmente, el cloro se aplica tanto en potabilización como depuración e incluye funciones adicionales a la desinfección, como son la prevención del crecimiento de algas en la infraestructura hidráulica, el mantenimiento de filtros, la remoción de hierro y manganeso, la destrucción de ácido sulfhídrico, la remoción de color por ciertos colorantes orgánicos y el mantenimiento de sistemas de distribución de agua (para controlar el limo).” (CONAGUA 2009).

“El cloro es el principal compuesto empleado en la desinfección del agua, se usa en forma gaseosa, sólida o líquida y en forma pura o combinada.” (CONAGUA 2009).

El cloro causa dos tipos de daño en las células. Por un lado, afecta la integridad de la membrana y ocluye su permeabilidad, y por otro, altera funciones celulares. Por ello, la reacción de los microorganismos ante el cloro está determinada por la resistencia de sus membranas así como por la relativa afinidad química de este compuesto con las sustancias vitales del organismo. La tasa de desinfección depende de la concentración y forma en que se encuentre el cloro disponible, el tiempo de contacto, el pH, temperatura y otros factores. El ácido hipocloroso es más eficiente que el ión hipoclorito, por ello el poder del cloro residual disminuye conforme se incrementa el pH. La acción bactericida del cloro combinado es mucho menor que las del cloro residual libre, particularmente en términos de la velocidad de reacción.

La respuesta de los diversos organismos vivos al cloro es variable. En particular la de bacterias es alta y bien conocida en tanto que la de protozoarios y virus es variable y poco conocida. En general los quistes de protozoarios y los virus entéricos son más resistentes al cloro que las bacterias, particularmente las entéricas.

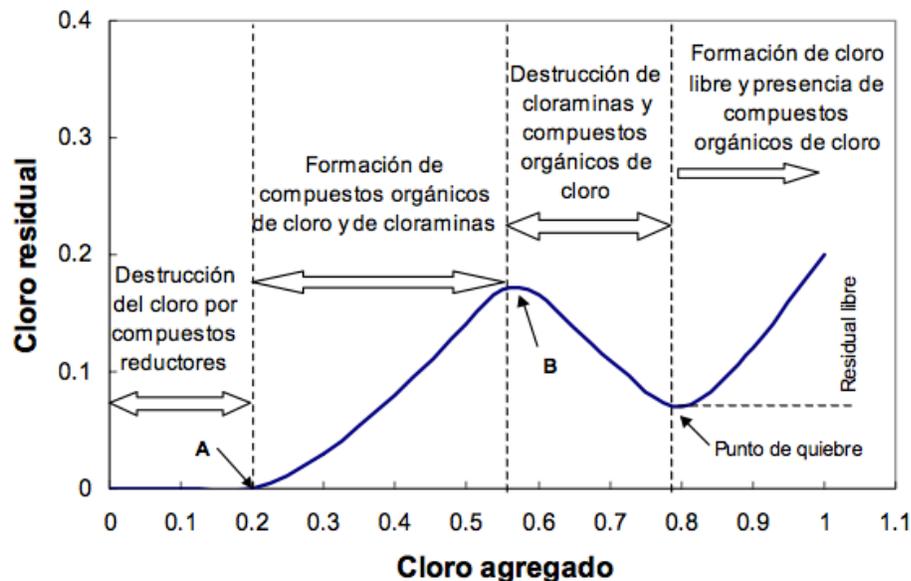
Para determinar la dosis óptima, se debe realizar pruebas de laboratorio agregando cantidades crecientes de cloro al agua y midiendo su concentración a través del tiempo para garantizar un residual que proteja el agua durante su transporte. La dosis óptima, es aquella necesaria para destruir todos los organismos patógenos presentes en ella, antes de

que sea consumida por la población. Por lo tanto, para poder determinarla es indispensable tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Organismos que se intenta destruir u organismos índice.
- Tiempo disponible entre el momento en que se aplica el cloro al agua y el momento en que ésta es consumida, usada o descargada.
- Cantidad de cloro que económicamente se debe agregar.
- Clase de desinfectante que se forma en el agua (HOCl, OCl, NH₂Cl) según sea el pH y el contenido de nitrógeno y materia orgánica en ella.
- Definir si el agua requiere pre o poscloración o sólo poscloración, dependiendo de las características del efluente.
- Definir si se requiere una etapa de descloración

La dosis óptima será la que produzca un residual de cloro libre siendo de 0.2 a 1.5 mg/L para agua potable al final del periodo de contacto o la destrucción total o parcial de patógenos según requiera la norma.

Figura 2.2. Curva de Cloración a Punto de Quiebre



Fuente: Hilleboe 1994

En la figura 10 se puede observar que conforme el cloro es añadido, reacciona con la materia oxidable y así todo se reduce a ión cloro (Punto A). Después de haber cubierto esta demanda, el cloro sigue reaccionando con el amoníaco para formar cloraminas (entre el punto A y B). Posteriormente, entre el punto B y el *punto de quiebre*, algunas de las cloraminas se convierten a tricloruro de nitrógeno (NCl₃), las cloraminas restantes son

oxidadas a óxido nitroso (N₂O) y nitrógeno (N₂) y el cloro se reduce a ión cloro. Si se adiciona más cloro, la mayoría de las cloraminas se oxidarán. Una vez alcanzado el punto de quiebre, la adición de cloro resulta en un incremento proporcional del cloro residual libre.

El cloro se puede suministrar de varias maneras encontrándose el cloro gaseoso como el más rentable para las plantas de gran tamaño.

“Se considera que el cloro gaseoso ofrece hasta un 94.5% de reducción del costo de construcción debido a que no requiere de lagunas de contacto necesarias para el cloro en solución.” (CONAGUA 2009).

Otra fuente de suministros son los hipocloritos que son sales del ácido hipocloroso (HOCl), como el hipoclorito de sodio (NaOCl) que se encuentra en estado líquido en concentraciones que contienen aproximadamente entre el 5 y el 15% en volumen de cloro.

La acción del cloro sobre el ser humano es nula cuando se ingiere en pequeñas cantidades, hasta 50mg/l. Aparte de su olor característico, el cloro, puede originar sabores desagradables debido a la formación de clorofenoles, cuando el agua contiene trazas de fenoles, éste sabor es perceptible en concentraciones del orden de 0.0002 mg/l.

En la tabla 2.6 se muestran algunas ventajas y desventajas de la desinfección con cloro

Tabla 2.6. Ventajas y desventajas de la desinfección con cloro

Ventajas	Desventajas
Tecnología bien establecida	En ocasiones es necesario utilizar una descloración para reducir la toxicidad residual
Muy eficiente	Forma trihalometanos y otros hidrocarburos clorados
Capacidad de mantener efectos residuales	Incrementa las medidas de seguridad
La reacción con amoníaco genera un efecto desinfectante adicional	Las dosis utilizadas para inactivar coliformes no actúan en algunos virus, esporas y quistes
Efecto germicida durante un largo periodo	El pH del agua residual puede ser reducido si la alcalinidad es insuficiente por la generación del ácido HOCl
Relativamente económica	Libera compuestos orgánicos volátiles

2.3.2 Desinfección con UV

El efecto biocida de la radiación ultravioleta (UV) ha sido conocida desde que fue establecida que una pequeña longitud de onda era responsable de una descomposición microbiana generalmente asociada con luz solar (Downes and Blount, 1877).

La radiación UV se ha usado comercialmente durante muchos años en industrias como la farmacéutica, de cosméticos, de bebidas y electrónica. A inicios de 1940 se diseñaron propuestas para la desinfección de UV (Huff et al., 1965) pero se abandonó por sus altos costos de operación, los problemas de mantenimiento y la falta de disponibilidad de equipo. Pero, la razón más importante fue que la cloración resultó ser más eficiente y rentable (Rajeshwar e Ibañez 1997).

La mayoría de las plantas de potabilización a nivel mundial utilizan cloro como desinfectante por su simplicidad de aplicación y bajo costo. Sin embargo, tiene la desventaja de generar productos secundarios denominados organoclorados que se consideran carcinógenos. Como una alternativa existe la luz ultravioleta, la cual sin generar subproductos es efectiva para inactivar organismos patógenos y no tiene la necesidad de almacenar o manejar reactivos químicos peligrosos y por sus cortos tiempos de contacto, reduce el tamaño de los tanques de tratamiento y con ellos los costos (CONAGUA 2000).

El incremento en la aceptación en el uso de UV para la desinfección de agua potable en el mundo, se debe, entre otras ventajas, a un mejor entendimiento del proceso y su alta calidad de las plantas de desinfección con UV (Sommer et al., 2008).

Los cambios fotoquímicos inducidos por la radiación ultravioleta en el material nuclear de un organismo son especialmente en el ADN y el ARN. La radiación UV penetra la pared celular de los organismos y es absorbida por el ADN y el ARN dimerizando dos bases, lo cual impide la reproducción o produce la muerte de la célula.

La formación de muchos dímeros a lo largo de la cadena de ADN hace que la duplicación sea muy difícil pues la estructura helicoidal se encuentra distorsionada. Una célula que no se

puede duplicar o reproducir se considera muerta, aunque en éste caso se acostumbra a decir que ha sido "inactivada", debido a que es incapaz de multiplicarse e infectar al huésped (CONAGUA 2000).

La cantidad de daño celular depende de la energía absorbida por los microorganismos así como por su resistencia a la luz UV. Los microorganismos responden de diferente manera a la luz UV debido a la diferencia en su estructura física. La dosis requerida parece aumentar con el tamaño de la célula así como con la cantidad de ADN y ARN. La mayoría de las bacterias y virus requieren dosis relativamente bajas.

En toda desinfección, el grado germicida depende de la dosis del agente desinfectante. En éste caso, la dosis de la luz UV se define como el producto de la intensidad de la luz por el tiempo de exposición.

$$D = I \times t \dots\dots\dots(5)$$

Donde

D: Dosis de luz UV [mW s/cm²]

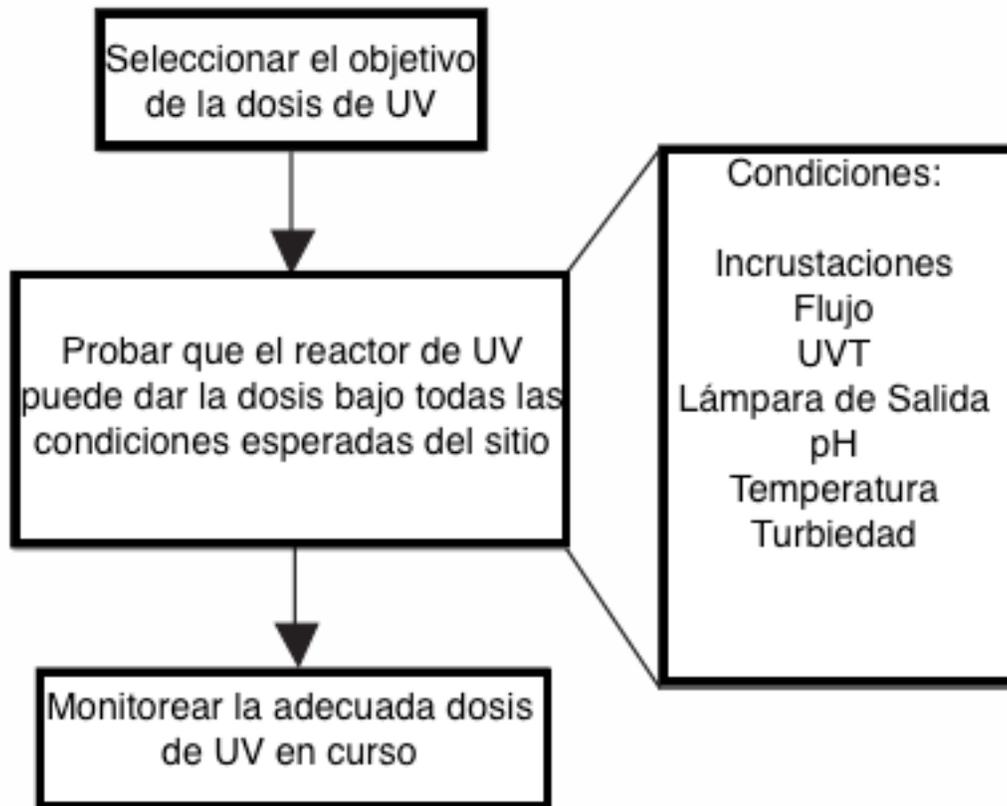
I: Intensidad promedio de la energía UV [mW/cm²]

t: Tiempo de exposición [s]

Para generar el la luz UV es generada por el paso de una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio ionizado mezclado con un gas noble. Debido a que los gases a presión atmosférica no son buenos conductores de electricidad se requiere un aparato especial llamado tubo de gas de descarga o lámpara germicida para presurizar. Éste tubo es de vidrio y tiene dos electrodos sellado a sus paredes. Generalmente, éste se instala dentro de una camisa de cuarzo para protegerlo de los efectos del agua (Fahey 1990).

El proceso conceptual general para el diseño y operación para un sistema de desinfección por UV se ilustra en la figura 2.3. Cada uno de los elementos mostrados en la figura requieren un acercamiento que es substancialmente diferente de acercamientos equivalentes para la desinfección química (Hoffmann et al., 2010)

Figura 2.3. Operación y diseño UV



Fuente: Hofmann et al. 2010

Dos diferentes técnicas de radiación por UV son usadas para la desinfección de agua: lámparas de baja presión de emisión cuasi cromática a 253.7 nm y lámparas de presión baja con emisión policromática. En el último caso, es incluso complejo determinar la influencia microbicida del UV, desde que la longitud de onda responde distinto en la inactivación de microorganismos (Sommer et al. 2008).

Una vez que se ha determinado la dosis, el reactor UV debe probar que puede proveer esa dosis bajo el rango de las condiciones de operación esperadas. Desafortunadamente no hay un método en línea para medir de manera certera la dosis de UV dada. El reactor, por ésta razón, debe ser probado simulando la operación a escala real, vertiendo microorganismos en el flujo y midiendo su inactivación a través del reactor bajo diferentes condiciones. Esto es llamado prueba de biosimetría, y es parte del proceso de la validación del reactor. La medición de inactividad microbial se relaciona con un sensor de lecturas de UV en el

reactor, y los puntos de operación de éste sensor son determinados para diferentes condiciones de operación en un mínimo de dosis UV requerida.

Una vez que el reactor UV se ha validado, son usualmente operados bajo condiciones de factores que se espera que afecten la desinfección UV como:

- La potencia de salida de la lámpara
- Ritmo del flujo
- Transmisión Ultravioleta (UVT). UVT es la fracción de luz que no es absorbida a cierta distancia del agua. El agua limpia tiene un alto nivel de UVT (típicamente de 90% a 95%/cm).

Los efectos para cada uno de los parámetros son definidos explícitamente durante las pruebas de validación del reactor, y el sistema de UV es diseñado para adaptarse dentro del rango de éstas condiciones.

2.3.3 Desinfección con ozono

El ozono fue usado por primera vez como tratamiento de agua potable en 1893 en los Países Bajos. El uso del ozono es primordialmente para la desinfección y la oxidación, sin embargo, en EUA los primeros acercamientos con ozono fue para remover el color, sabor y un control en el olor.

En México, el ozono se ha comenzado a aplicar como oxidante en plantas pequeñas de potabilización con problemas de alta contaminación orgánica y de color.

En la secuencia de potabilización del agua, el ozono puede aplicarse en tres puntos distintos:

- a) Preozonación: aplicación en cabeza de tratamiento. Puede suministrarse en la toma de agua para proteger a las líneas de conducción que llevan a la estación potabilizadora de posibles crecimientos microbianos, para el control de olores y sabores y como una primera desinfección; sin embargo, lo más común es aplicar la preozonación como primera etapa de la misma planta de tratamiento, utilizándose principalmente para la eliminación de Fe y Mn, para el control de olores y sabores, como ayuda del proceso de coagulación y como desinfectante.
- b) Ozonación intermedia: se aplica antes de la etapa de filtración. Se utiliza principalmente para oxidar la materia orgánica natural, aumentando la biodegradabilidad y favoreciendo su eliminación biológica en los filtros, lo cual ha llevado a designar dicho proceso como BAC (Carbón Activado Biológico); también se puede usar para la eliminación de microcontaminantes orgánicos y para eliminar Fe y Mn en aguas con alto contenido de oxidación de materia orgánica natural.
- c) Postozonación: aplicación al final de la secuencia de tratamiento. Se usa exclusivamente para la desinfección, sobretodo en Europa. En Estados Unidos, la desinfección principal se lleva a cabo mediante ozonación.

Cada vez es más común en Europa y en EEUU la utilización simultánea de ozono en dos puntos de la secuencia de tratamiento: Preoz/Postoz, Preoz/Oz. Inter y Oz. Inter/Postoz; incluso algunas plantas de Francia utilizan la ozonación simultánea en los tres puntos de aplicación.

Como lo menciona DeMers y Renner (1992) "el ozono es un poderoso oxidante capaz de alcanzar la desinfección en menos tiempo de contacto y concentración que otros desinfectantes, como el cloro, dióxido de cloro o monoclóraminas" (Citado por EPA 1999). Por otro lado, el ozono no puede ser usado solamente como desinfectante primario pues no puede mantener un residual en el sistema de distribución. Por esto, CONAGUA (2009), menciona que la desinfección con ozono debe ser usada a la par con un desinfectante secundario, como el cloro, cloraminas o dióxido de cloro para completar el sistema de desinfección. El ozono se aplica como desinfectante primario con el objeto de destruir los

compuestos que dan lugar a la aparición de organoclorados durante la cloración final del agua.

“La eficiencia de desinfección del ozono es alta, en tiempos cortos. La razón por la que la rapidez de acción es tan distinta entre el ozono y el cloro se debe a que, aunque ambos son oxidantes, el mecanismo de destrucción es diferente.” (CONAGUA 2009).

Bringmann (1954) y Chang (1971) mencionan que la inactivación de bacterias por ozono es atribuida a una reacción de oxidación (Citados por EPA 1999) atacando primeramente la membrana bacterial como lo comentan Giese y Christensen (1954) (Citados por EPA 1999). Además, EPA (2001) comenta que el ozono interrumpe la actividad enzimática de la bacteria actuando en el grupo sulfidrilo de ciertas encimas. Más allá de la membrana celular y la pared celular, el ozono puede actuar en el material nuclear dentro de la célula.

Cronholm et al. (1976) y Riesser et al. (1976) mencionan que en el caso de los virus el primer sitio de acción sin duda es la cápside vírica, particularmente las proteínas que la forman (Citado por EPA 1999). El ozono modifica los sitios de la cápside viral donde el virión se adhiere en la superficie de las células. Grandes concentraciones de ozono disocia completamente la cápside.

Los quistes de protozoarios son mucho más resistentes que las esporas de virus y bacterias. Actualmente, la inactivación de quistes de *Giardia lamblia* es un criterio de desinfección que se propuso como directriz la EPA por ser uno de los gérmenes más difíciles de eliminar.

Hoigné (1975) y Bader (1976) demostraron que la velocidad de descomposición del ozono es una compleja función de temperatura, pH, y concentración de solutos orgánicos y constituyentes inorgánicos.(Citados por EPA 1999).

En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas de la desinfección con ozono

Tabla 2.7. Ventajas y desventajas de la desinfección con ozono

Ventajas	Desventajas
Ser un fuerte oxidante que reacciona rápidamente con la mayoría de los compuestos orgánicos y microorganismos presentes en las	Los costos

aguas naturales

No imparte sabor ni olor al agua

El rendimiento del equipo generador de ozono

Posee mayor poder desinfectante que el cloro y sus derivados que La calidad de los métodos de inyección de gas

Fuente: CONAGUA 2009

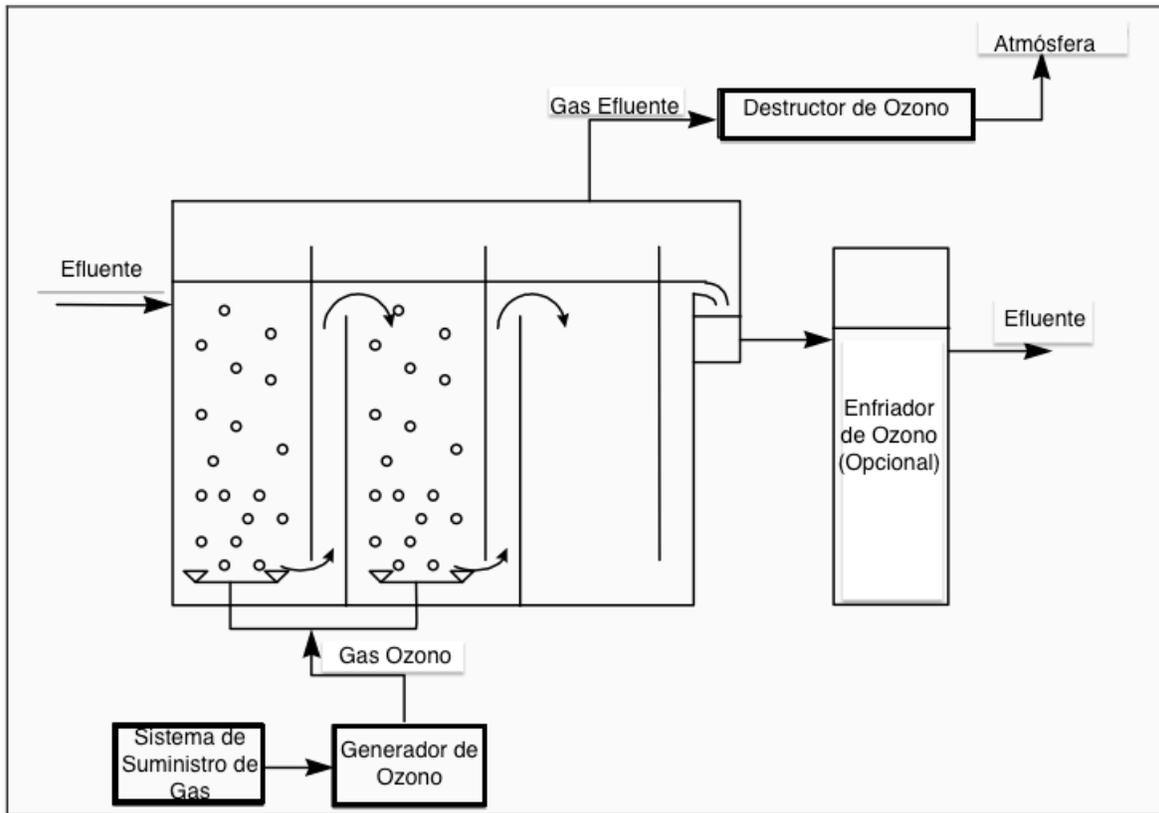
Para remediar los dos últimos factores tecnológicos, las plantas convencionales están diseñadas para aplicar el ozono a presión (0.7 kg/cm^2) justo después de generarlo con el fin de evitar pérdidas.

2.3.3.1 Equipos de ozonación

De acuerdo con la EPA (1999) los sistemas de tratamiento con ozono tienen 4 componentes básicos: un sistema de suministro de gas, un generador de ozono, un contactor de ozono y un sistema de destrucción del gas de salida como lo muestra la ilustración de la figura 2.4.

El sistema de suministro de gas, proporciona una fuente de oxígeno limpia y seca para el generador. El contactor de ozono transfiere el gas de ozono en el agua a tratar y da un tiempo de contacto para la desinfección. El proceso final, la destrucción de gas del gas de salida, se necesita pues el ozono es tóxico en las concentraciones presentes en el gas. Algunas plantas tienen un sistema de recirculación donde el gas de salida se regresa a la primera cámara de contacto para reducir la demanda de ozono en las siguientes áreas. Algunos sistemas también incluyen una cámara de enfriado para remover el ozono residual en la solución.

Figura 2.4. Sistema de Ozono Simplificado



Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Sistema de suministro de gas

El sistema de suministro de gas son clasificados dependiendo de si usan aire, oxígeno de alta pureza o una mezcla de ambos. El oxígeno de alta pureza puede ser comprado y almacenado en líquido (LOX), o puede ser generado en sitio mediante un proceso criogénico o mediante la absorción de oscilación de presión al vacío (VSA por sus siglas en inglés) o con presión de oscilación (PSA). La generación de oxígeno por criogenia es un proceso complicado y solo es viable en sistemas grandes.

Sistema de suministro de oxígeno.- Los sistemas de suministro de oxígeno líquido son relativamente simples, consisten en un tanque o tanques de almacén, evaporadores para convertir el líquido a gas, filtros para remover impurezas y reguladores de presión para monitorear la presión del gas hacia los generadores de ozono.

Sistema de suministro de aire.- Los sistemas de suministro de aire para los generadores de ozono son más complejos, pues deben estar propiamente acondicionados

para prevenir daños al generador. El aire debe estar limpio, seco y libre de contaminantes. La preparación para el sistema de aire consiste generalmente de un compresor de aire, filtros, secadores y reguladores de presión.

En la siguiente tabla se muestra una comparativa de los sistemas con ventajas y desventajas.

Tabla 2.8. Comparativa entre Sistemas de suministro de Aire y Oxígeno de Alta Pureza

Fuente	Ventajas	Desventajas
Aire	Uso de equipo común Tecnología probada Viable para sistemas pequeños y grandes	Mayor energía usada por volumen de ozono producido Equipo extensivo para el manejo del gas Máxima concentración de ozono de 3-5%
Oxígeno (General)	Mayores concentraciones de ozono (8-14%) Aproximadamente dobla la concentración de ozono por el mismo generador Viable para sistemas pequeños y grandes	Materiales resistentes al oxígeno Mayor seguridad
LOX	Menor equipo requerido Simple de mantener y operar Viable para sistemas pequeños y grandes Puede guardar excesos de oxígeno para los picos	Costos de LOX variables Almacenar el oxígeno en el sitio Se pierde LOX si se almacena y no se usa
Generación de Oxígeno por Criogenia	Equipo similar para sistemas de preparación de aire Factible para sistemas grandes Puede almacenar exceso de oxígeno para los picos	Más complejo que el LOX Equipo más específico para el manejo del gas Sistema complejo de mantener y operar

Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Generador de ozono

El voltaje requerido para producir ozono por corona de descarga es proporcional a la presión de la fuente de gas del generador y el ancho del hueco de descarga. Teóricamente, el rendimiento más alto será el resultado de un voltaje más alto, una mayor frecuencia, un dieléctrico constante mayor y un dieléctrico delgado. Sin embargo, hay limitantes prácticas para estos parámetros. A medida que el voltaje se incrementa, los electrodos y materiales dieléctricos son más susceptibles a fallar. Operar a frecuencias mayores produce mayor

concentración de ozono y mayor calor es necesario para el sistema de enfriado para prevenir la descomposición de ozono. El diseño de todo generador comercial requiere un balance de ozono con fiabilidad operacional y poco mantenimiento.

Los generadores de ozono son clasificados por la frecuencia del poder aplicado a los electrodos. Generadores de baja frecuencia (50-60 Hz) y media frecuencia (60-1000 Hz) son los más usados en la industria del agua, sin embargo existe algunos de alta frecuencia.

Contactor de ozono

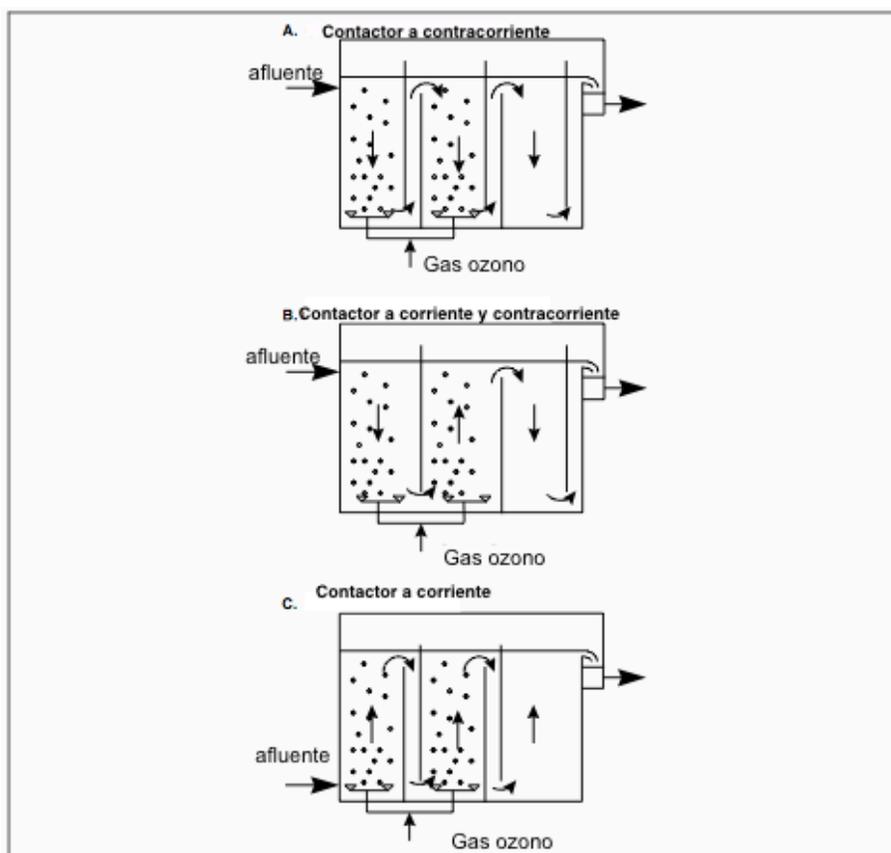
Realiza la transferencia de gas ozono al agua, el gas disuelto reacciona con los elementos orgánicos e inorgánicos, incluyendo los patógenos. El ozono no transferido en el agua procesada durante el contacto es liberado del contactor como gas no transferido y enviado a un destructor de ozono para evitar daños al medio ambiente. Transferencias más altas que el 80% usualmente son requeridas para desinfección con ozono más eficiente.

Existen tres tipos comunes de disolución de ozono:

a) Contactor de difusión de burbuja

El contactor de difusión de burbuja (figura 2.5) es comúnmente usado para contacto de ozono en los Estados Unidos y a través del mundo. Este método ofrece ventajas de no requerir energía adicional, grandes cantidades de transferencia de ozono, flexibilidad en los procesos, simplicidad operacional y no tener partes movibles. En la imagen de la figura 2.5, se puede observar los diferentes arreglos de los sistemas de contacto en corriente y/o contracorriente. Además las etapas de contacto pueden variar de dos a seis para desinfección de ozono, con la mayoría de las plantas usando de dos a tres cámaras de contacto y reacción.

Figura 2.5 .Contactor por burbuja de ozono



Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Tabla 2.9. Ventajas y desventajas del contactor de difusión de burbujas

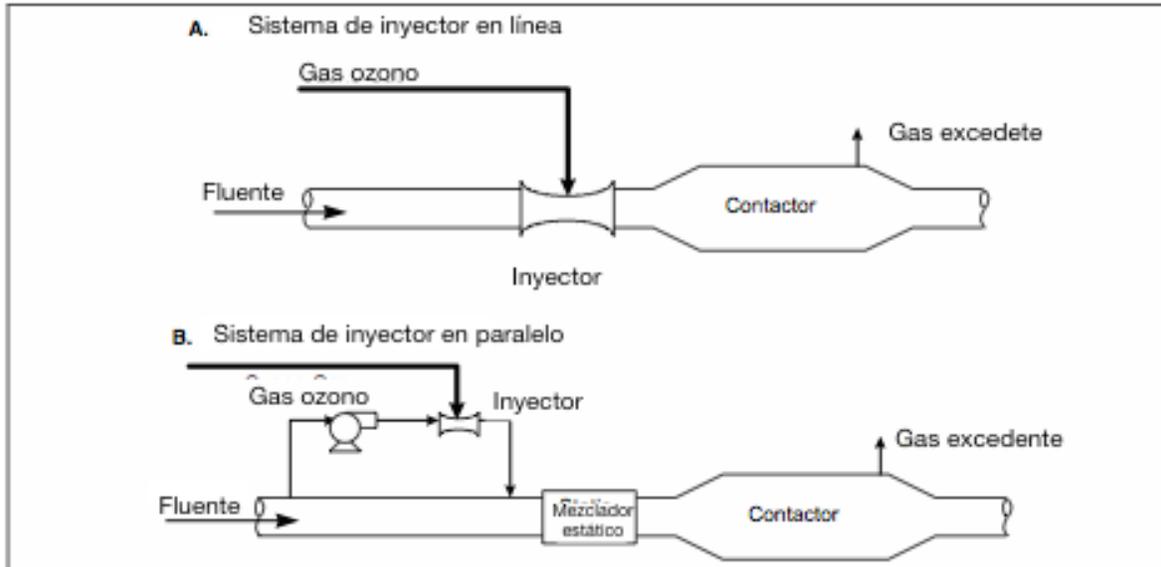
Ventajas	Desventajas
No tiene partes móviles	Cámaras de contacto profundas
Transferencia de ozono eficaz	Contacto de burbujas vertical
Baja pérdida de carga	Mantenimiento de juntas y tuberías
Operación simple	

Fuente: EPA Guidance Manual 1999

b) Inyector de disolución

Un método de inyector de contacto (figura 2.6) es comúnmente usado en Europa, Canadá y los Estados Unidos. El ozono es inyectado en una corriente de agua dentro de presiones negativas, que es generado dentro de una sección vénturi, extrayendo el ozono dentro de la corriente de agua. En muchos casos, una corriente secundaria del flujo total es bombeado a mayor presión para incrementar el vacío creado para inyección de ozono. Después de que el ozono es inyectado dentro de la corriente secundaria y una vez que contiene todo el ozono añadido, ésta se combina con el remanente del flujo bajo gran turbulencia para incrementar la dispersión de ozono en el agua.

Figura 2.6 .Sistemas de Inyección de Ozono



Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Tabla 2.10. Ventajas y desventajas del sistema de inyección

Ventajas	Desventajas
Inyección y mezclado estático no tienen partes móviles	Pérdida de carga debido al mezclador estático lo cual puede hacer que necesite un rebombeo
Eficiencia de contacto de ozono muy alta	Reduce la capacidad debido al sistema de inyección
La profundidad de las cámaras de contacto es menor que por difusión de burbuja	Operación compleja y costo más alto

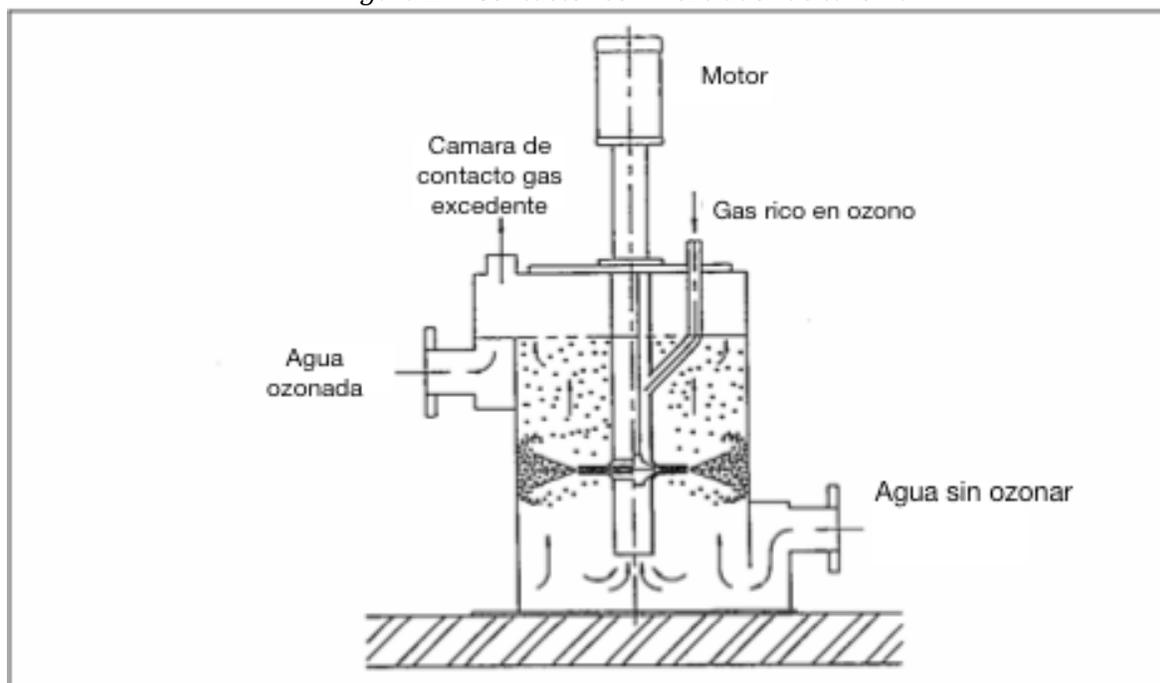
Fuente: EPA Guidance Manual 1999

c) *Contactador con mezclador de turbina*

Los mezcladores de turbina (figura 2.7) son usados para alimentar el contactador con gas ozono y mezclar el agua con el ozono en el contactador.

La eficiencia de la transferencia de ozono por mezclador de turbina puede ser en exceso de 90%. Sin embargo, para alcanzar ésta eficiencia se requiere una potencia de 2.2 a 2.7 kW-hr por lb de ozono transferida.

Figura 2.7. Contactor con mezclador de turbina



Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Tabla 2.11. Ventajas y desventajas del contactor con mezclador de turbina

Ventajas	Desventajas
La transferencia de ozono es incrementada debido al resultado de la alta turbulencia en burbujas de menor tamaño	Necesita suministro de energía
La profundidad del contactor es menor que por difusión de burbujas	Necesita un flujo de gas constante, reduciendo la eficiencia de transferencia de ozono
La succión de las turbinas puede atraer el gas efluente de otras cámaras para su reuso	Requiere mantenimiento de la turbina y el motor
Elimina la obstrucción del difusor	

Fuente: EPA Guidance Manual 1999

Sistema de destrucción de ozono residual

La concentración de ozono en el ozono residual de un contactor es, usualmente, arriba de la concentración denotada en los límites permisibles, 0.10 ppm por 8 horas de exposición al día según la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y 0.70 ppm por una jornada de 8 horas en exposición según la Environmental Protection Agency (EPA). El ozono residual es recolectado y el ozono se convierte de nuevo a oxígeno antes de liberarlo a la atmósfera. El ozono es inmediatamente destruido a altas temperaturas (>350°C o por catálisis operando arriba de 100°C) para prever la acumulación de humedad. El destructor de ozono residual está diseñado para reducir la concentración de ozono a 0.1 ppm, el límite actual propuesto por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA por sus siglas en inglés) para la exposición de trabajadores en una jornada de 8 horas. Un extractor es usado en la descarga del destructor para jalar el aire del contactor, poniendo el contactor en un ligero vacío para asegurar que ningún remanente de ozono escape.

2.3.3.2 Carbón activado

Un filtro de Carbón Activado Granular (GAC por sus siglas en inglés) en un sistema de ozonación tiene varios propósitos:

- Destruir el ozono residual en el agua
- Remover componentes químicos o subproductos creados por la ozonación mediante adsorción

En los filtros GAC existen diferentes procesos que toman lugar. Nuevo GAC primero adsorberá gran cantidad de los compuestos con enlaces débiles, como alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos, alifáticos y coloides. Estos compuestos después serán desplazados de la superficie del carbón activado por contaminantes adsorbidos que contienen enlaces más fuertes, como aromáticos, aromáticos clorados, pesticidas, cloros no aromáticos e hidrocarburos de alto peso molecular. Los materiales adsorbidos débiles serán reabsorbidos más adelante en el filtro. Éste fenómeno es denominado "efecto cromatográfico".

Hay tres tipos de adsorción que pueden distinguirse en un filtro GAC:

- Intercambio de adsorción (atracción eléctrica entre el soluto y el adsorbente)
- Adsorción física o ideal por fuerzas menores de van der Waals
- Quimisorción o adsorción química (reacción química del adsorbente con el carbón)

En la aplicación de tratamiento de agua el primer mecanismo es la adsorción física, que es reversible seguido por la quimisorción, que es usualmente considerada irreversible.

Está muy establecido que un paso del ozono produce aldehídos y cetonas por la oxidación de los dobles enlaces del carbón. Estos productos son nutrientes para las bacterias que siempre están presentes en el sistema de distribución. Si estos compuestos no son removidos durante el proceso de tratamiento, ellos aumentarán la regeneración en la red del sistema rápidamente. Esto se puede evitar introduciendo un tratamiento biológico apropiado como un filtro GAC o un filtro de arena.

Una medida adicional para esto es administrar en la red de distribución un agente oxidante al final del tratamiento de la planta, como cloro, dióxido de cloro o cloraminas. Si éste filtro biológico no está instalado, la dosis del agente oxidante se debe incrementar para impedir algún problema bacterial en el sistema de distribución.

2.4 Breve explicación del proyecto

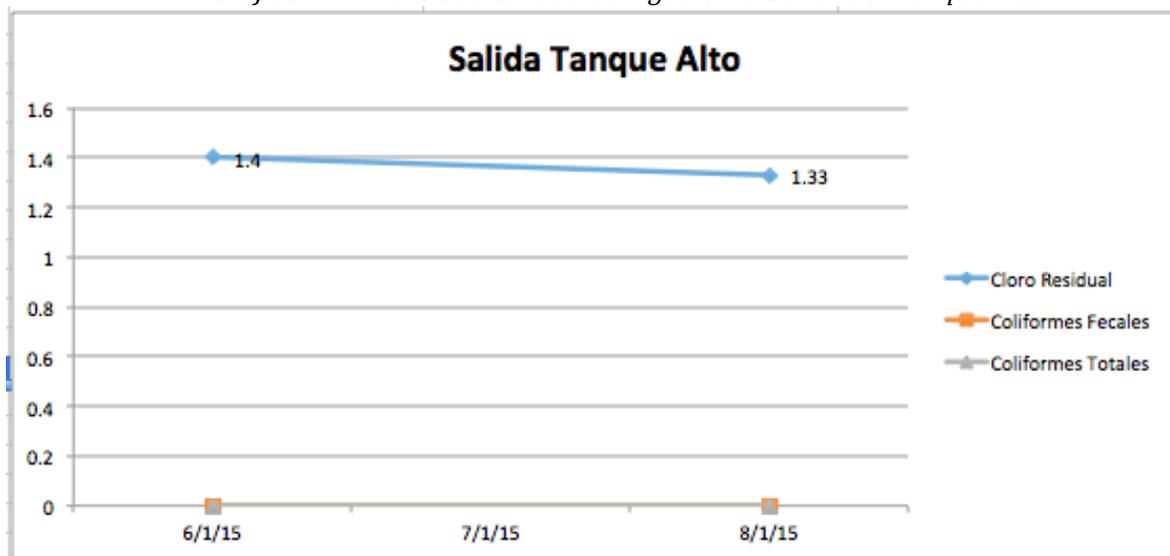
En el 2007 se creó Programa de Uso, Manejo y Reúso del Agua (PUMAGUA) a raíz del Primer Encuentro Universitario de Agua para ser un modelo para el país en el uso responsable del agua.

En el plan de desarrollo 2008-2012 como uno de los 12 proyectos se establece el proyecto de Responsabilidad Ambiental (RAM) que propone estrategias que permiten reducir el impacto negativo de nuestras acciones en el ambiente.

Dentro del proyecto RAM se propuso utilizar ozono como método de desinfección para mejorar las propiedades organolépticas del agua, que debido a las fluctuaciones que se tienen de cloro residual libre (Gráfico 2.1, 2.2 y 2.3) y que no están dentro de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994 *"Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su*

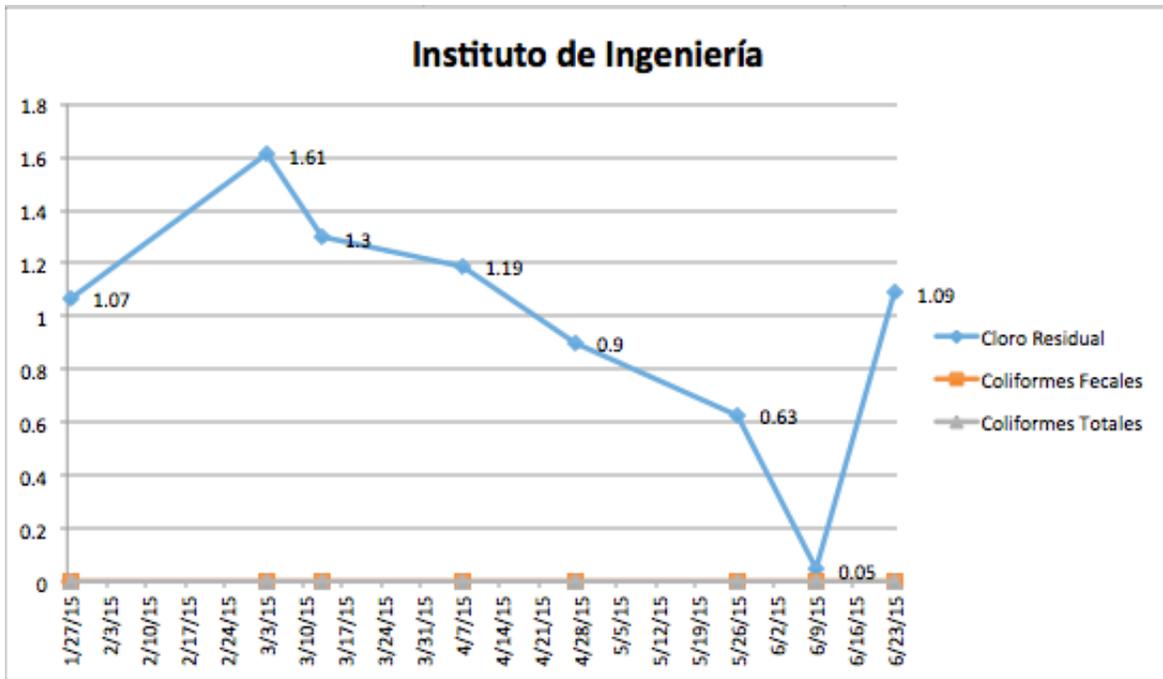
potabilización" puede generar olor, color o sabor, haciendo que los bebederos dentro de Ciudad Universitaria no se usen y se compren más botellas.

Gráfico 2.1. Análisis de Calidad del Agua en la Salida del Tanque Alto



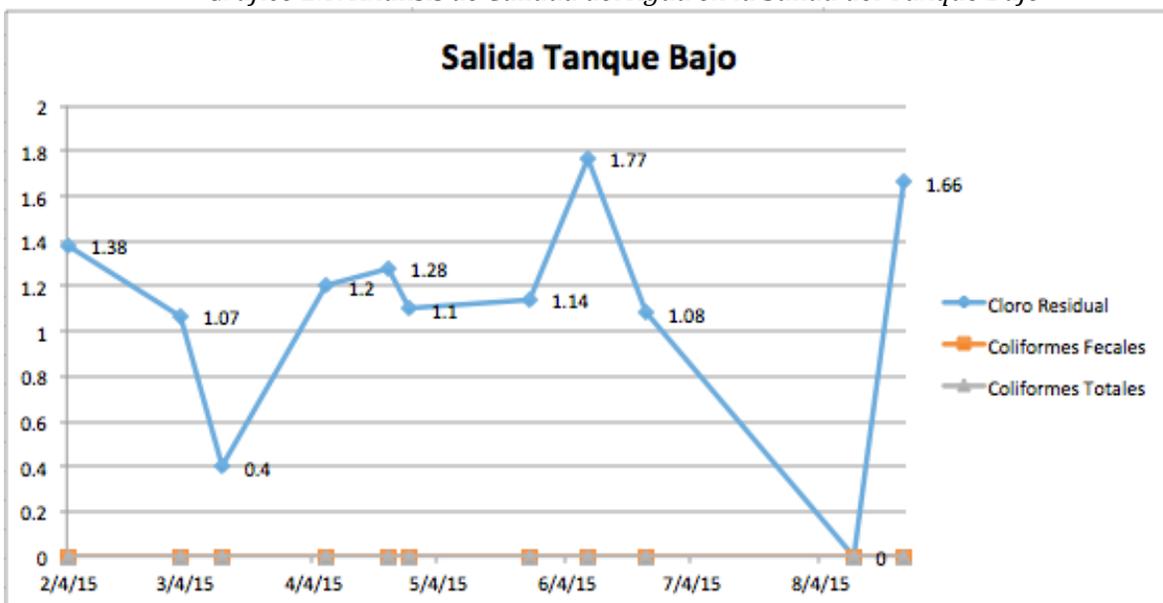
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PUMAGUA

Gráfico 2.2. Análisis de Calidad del Agua en el Instituto de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PUMAGUA

Gráfico 2.3. Análisis de Calidad del Agua en la Salida del Tanque Bajo



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PUMAGUA

El Instituto de Ingeniería como agente de innovación, con este proyecto que en su primera etapa suministrará agua ozonada a los edificios 1, 2, 3, 4, 5, 7, 13 y Torre de Ingeniería, planea reducir el uso de agua embotellada otorgando un agua que satisfaga las necesidades de los consumidores y opten por los bebedero o agua dentro del área de los institutos, evitando así la generación de basura de plásticos.

El proyecto se desarrolló primeramente obteniendo información del Instituto de Ingeniería para calcular una población de diseño de los edificios que el sistema de ozono va abastecer.

Tabla 2.12. Registro de usuarios en los edificios 1 a 5, 7 y 13 del Instituto de Ingeniería en el año 2010

Año	Administrativos	Becarios y Honorarios	Académicos	Investigadores	Autoridades de Confianza	Total
2010	89	372	54	53	8	569

Fuente: Secretaría Técnica del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Tabla 2.13. Registro de usuarios Torre de Ingeniería

Año	Usuarios
2013	658

Fuente: Secretaría Técnica del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Con esta relación de usuarios se realizó la proyección de población por el método aritmético y proponiendo una vida útil del sistema de 15 años.

Tabla 2.14. Resumen de cálculo de proyección de usuarios de los Edificios 1 a 5, 7, 13 y Torre de Ingeniería del Instituto de Ingeniería de la UNAM

Año	Usuarios
2015	1779
2020	2289
2025	2799

Fuente: Monroy 2015

De esta manera se calculó el gasto de diseño del sistema tomando el consumo, porcentaje de fugas, demanda y dotación por edificio, auditorios, espacios en renta y del Café Azul y Oro.

Tabla 2.15. Resumen de cálculo de gasto de diseño para los edificios 1 a 5, 7, 13 y Torre de Ingeniería.

Datos	Año		
	2015	2020	2025
Número de Usuarios	1584	2094	2604
Consumo de agua (m ³ /día)	42.8	56.5	70.3
Pérdidas (%)	16	13.5	11
Demanda de agua (m ³ /día)	50.9	65.4	79.0
Dotación (l/usuario/día)	32.1	31.2	30.3
Gasto medio diario (l/s)	0.6	0.8	0.9
Gasto máximo diario (l/s) (C _{VD} =1.4)	0.8	1.1	1.3

Fuente: Monroy 2015

Tabla 2.16. Resumen de cálculo de gastos de diseño para el Café Azul y Oro.

Datos	
Consumo de agua (m ³ /día)	3.7
Pérdidas (%)	16
Demanda de agua (m ³ /día)	4.4
Dotación (l/comensal/día)	29.4
Gasto medio diario (l/s)	0.1
Gasto máximo diario (l/s) (C _{VD} =1.4)	0.1

Fuente: Monroy 2015

Tabla 2.17. Resumen de cálculo de gasto de diseño para los auditorios y espacios en renta de mayor uso en el Instituto de Ingeniería y la Torre de Ingeniería

Auditorios y espacios en renta	Capacidad	Días que estuvo en uso (2014)	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s) CVD=1.4
Auditorio "José Luis Sánchez Bribiesca"	127 asientos	32	0.013	0.02
Terraza de la Torre de Ingeniería (con cafetería y cocina)	120 personas	5	0.012	0.02
Salón de seminarios Emilio Rosenblueth	95 asientos	34	0.0097	0.01
			Σ=	0.05

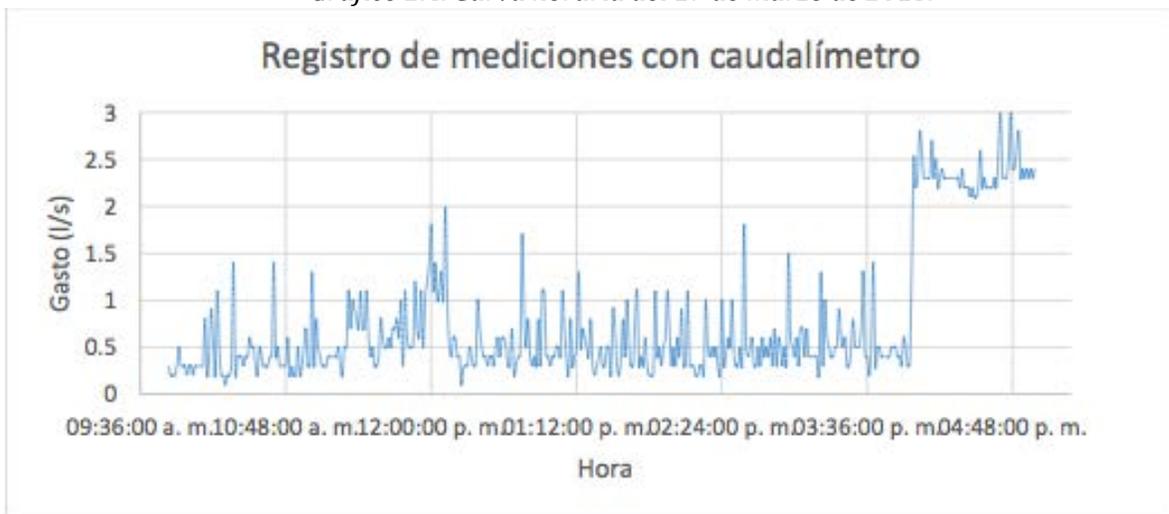
Fuente: Monroy 2015

Sumando el gasto máximo diario de todos los edificios, auditorios y espacios en renta y el Café Azul y Oro se obtuvo el siguiente dato para el diseño del sistema:

$$Q_{\text{MD}} = 1.3 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.1 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.05 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 1.45 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

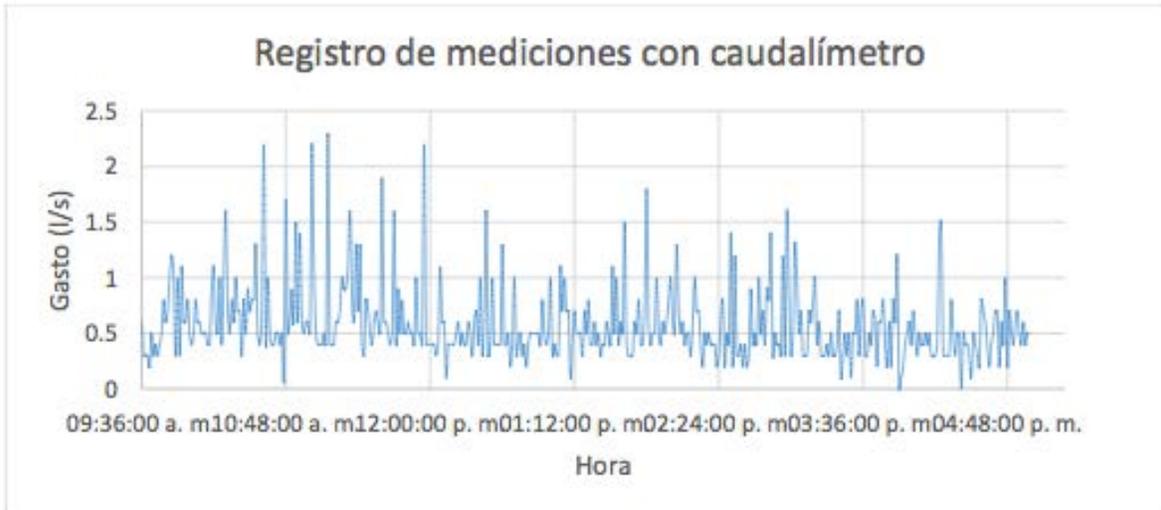
Posteriormente se realizaron mediciones del flujo en la red de distribución del edificio 5 durante dos días obteniendo las gráficas 2.4 y 2.5.

Gráfico 2.4. Curva horaria del 17 de marzo de 2015.



Fuente: Monroy 2015

Gráfico 2.5. Curva horaria del 18 de marzo de 2015



Fuente: Monroy 2015

Con esta información se obtuvo un flujo máximo y un flujo mínimo dentro de la red de 3 y 0.1 l/s para el 17 de marzo y 2.3 y 0.1 l/s para el 18 de marzo.

Aunado a la información anterior se realizaron mediciones de presión de la red de distribución con ayuda de la Secretaría Técnica del Instituto de Ingeniería obteniendo una presión constante de 4 kg/cm².

Figura 2.8. Manómetro con lectura de la presión de la red dentro del cruce 91



Fuente: Monroy 2015

Con todo esto, la propuesta de adecuación de la red de abastecimiento dentro del Instituto de Ingeniería (figura 2.9) y la realización de estudios dentro el laboratorio de ingeniería ambiental del Instituto de Ingeniería para saber la dosis y el residual necesario de ozono para el mejoramiento de la calidad del agua en la red de distribución y mediciones de la

calidad del agua en la red de los edificios 1, 2, 3, 4, 5, 7, 13 y Torre de Ingeniería, la empresa propuso el mejor sistema de ozono.

Figura 2.9. Propuesta de Suministro de Agua Potable Segura en el Instituto de Ingeniería (1ª Etapa)



Fuente: Elaboración propia a partir de planos de PUMAGUA

El sistema propuesto para el tratamiento de agua para consumo humano en el área del Instituto de Ingeniería después de una serie de estudios se concluyó que debería ser de ozono en línea (figura 18) debido a la variación en el flujo dentro del área del Instituto de Ingeniería, la presión tan alta que se maneja dentro de la red y el espacio con el que se cuenta para la instalación del sistema, es por ello que para la inyección de ozono en línea se utiliza un inyector tipo venturi en una derivación en el sistema. Dado que la presión que se maneja dentro de la red es de 4 kg/cm², fue forzoso reducir la presión dentro del sistema para generar el diferencial de presiones de 2 kg/cm² que es necesario para que el sistema venturi trabaje, por ésta razón se instaló una bomba de 5 HP, lo que permite

regresar la presión a la red en un orden de 3.5 kg/cm^2 sin tener mayores pérdidas de carga y sin deficiencia en el suministro a los edificios.

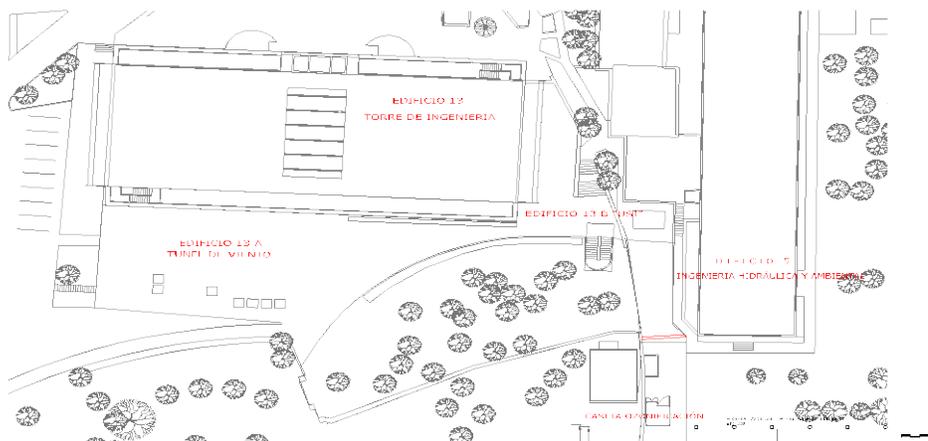
En la figura 2.10 se observa el diseño del sistema de ozono el cual cuenta:

- Dos filtros de carbón activado para la remoción cloro.
- Un tanque de contacto presurizado de 785 l para tener un control de ozono residual en el agua tratada y en caso de una mayor demanda de gasto a los edificios éste funciona como búfer.
- Sistema de incorporación de ozono que cuenta con el sistema vénturi, una bomba de 5 HP y un mezclador estático para mejorar la transferencia de ozono al agua.

Además de lo mencionado se cuenta con un destructor de ozono para el ozono excedente de la mezcla y liberarlo de manera segura al ambiente.

Capítulo 3: Requerimientos para instalación de equipo y modificaciones a la red de abastecimiento

3.1 Cuarto de alojamiento para el sistema de ozonación



Par
a
evit
ar
dañ
os
al
sist
em
a
de
ozo
no
se

construyó una caseta que albergara a dicho sistema y poder tener un mejor control de sus componentes.

La caseta se construyó en las inmediaciones del área del Instituto de Ingeniería a un costado del edificio 5 y 13 como se puede observar en la figura 3.1.

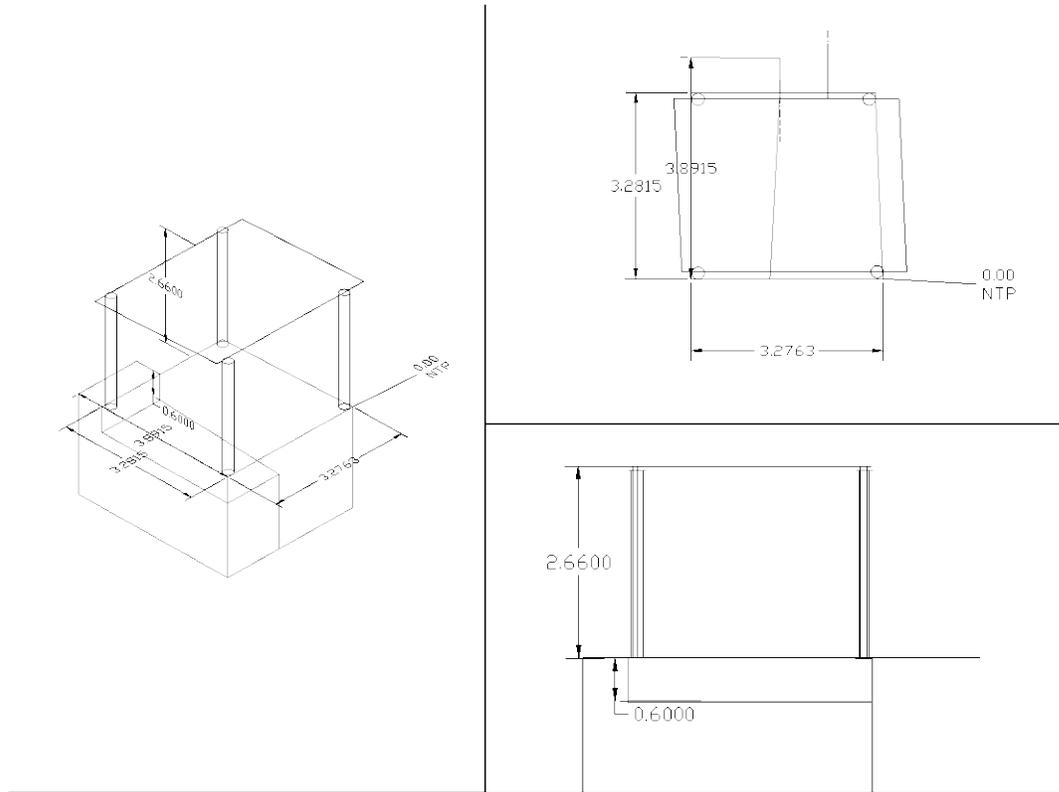
Figura 3.1. Croquis de la localización de la caseta del sistema de ozonación

Fuente: Secretaría Técnica del Instituto de Ingeniería de la UNAM

La caseta se realizó con una cuadrilla de 3 personas y se concluyó en 3 meses aproximadamente, cuenta con una losa de cimentación y castillos para el desplante de muros de retención además de que está construida con láminas de acero y durock.

Las medidas de la caseta necesarias eran de 3m. x 3m. x 3m. pero debido a que la altura interfería con otra construcción aledaña ya realizada se optó por crear un desnivel de 0.5 m. consultando previamente con la empresa para evitar algún problema en la instalación del equipo y del tanque de contacto que cuenta con una altura de 2.60m y 2.90 ya con patas, las medidas finales de la caseta se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 3.2. Dimensiones de la caseta del sistema de ozonación



Fuente: Secretaría Técnica del Instituto de Ingeniería de la UNAM

3.2 Adecuaciones a la red de distribución de agua potable

Debido a que el sistema de ozono se realizó en línea fue necesario realizar una serie de cambios en la red de distribución.

Primeramente se realizó un bypass en la red de distribución de 4" como se muestra en la figura 3.3 (A) y 3.3 (B), para desviar el flujo al sistema y regresarlo posteriormente a la tubería, además de realizarlo por cuestiones de seguridad en caso de que el equipo necesite mantenimiento o se presente algún problema con el sistema de ozono y se tenga que cerrar el flujo al ozonador sin comprometer el suministro de agua a los edificios, el bypass dentro de la caseta puede observarse en el plano de la figura 2.10.

Figura 3.3. Bypass en la tubería de 4"



(A)

Figura 3.3. Bypass tubería 4"



(B)

Por otro lado se realizó la adecuación del medidor del cloro instalado por PUMAGUA en la tubería de 4" para monitorear el cloro residual, ya que éste podría marcar mediciones erróneas pues se encontraba después del tren de tratamiento de ozono.

En cuanto a la propuesta de modificación de red para el suministro de los edificios 2, 3 y 4 del Instituto de Ingeniería, como se muestra en la figura 2.9, se realizarán posteriormente debido a la complejidad de la obra.

3.2.1. Análisis de presiones, velocidades y pérdidas dentro de la red

En el sistema de ozono se cuenta con 2 manómetros antes del tren de tratamiento (figura 3.4 (A) y 3.4 (B)) para verificar que siempre se tenga una presión de 4 kg/cm² y pueda presentarse el diferencial de presiones dentro del vénturi, porque en caso contrario puede dañar el sistema. Aunado a esto se observó un manómetro en el edificio 1, que está dentro del área del instituto que se dota con ozono, y revisando

dicho manómetro se observó que la presión con la que se regresa a la línea de conducción por el momento es de 4 kg/cm² como se puede observar en la figura 3.5 y constatando que no hay pérdidas de presión a lo largo de la tubería y por ello no hay problemas de suministro dentro del Instituto de Ingeniería.

Figura 3.4. Manómetro del Sistema de Ozono



(A) Localizado detrás de los filtros

Figura 3.4. Manómetro del Sistema de Ozono



(B) Localizado arriba del tanque de contacto

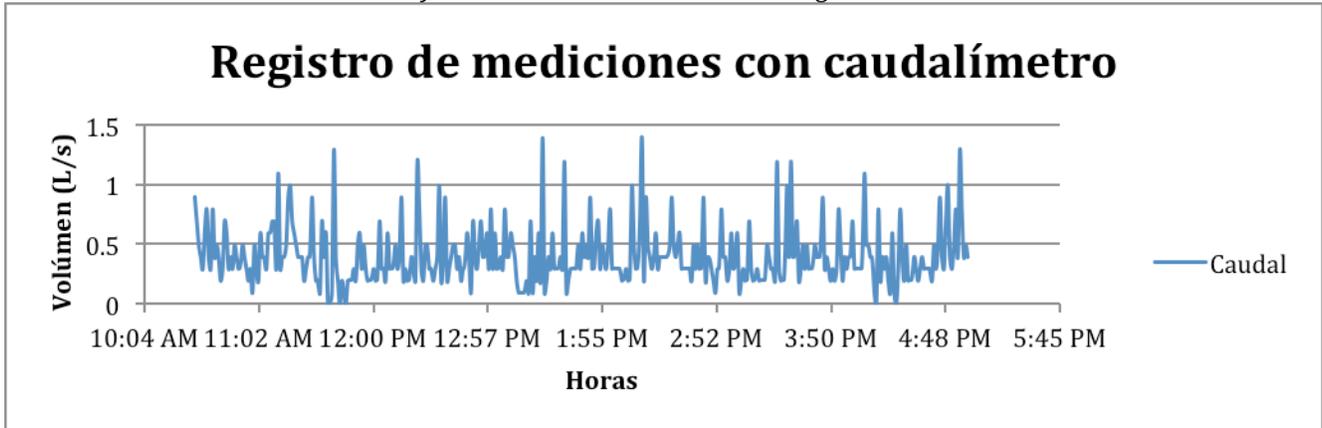
Figura 3.5. Manómetro del Edificio 1 del Instituto de Ingeniería



Localizado en la plaza del Edificio 1 del Instituto de Ingeniería

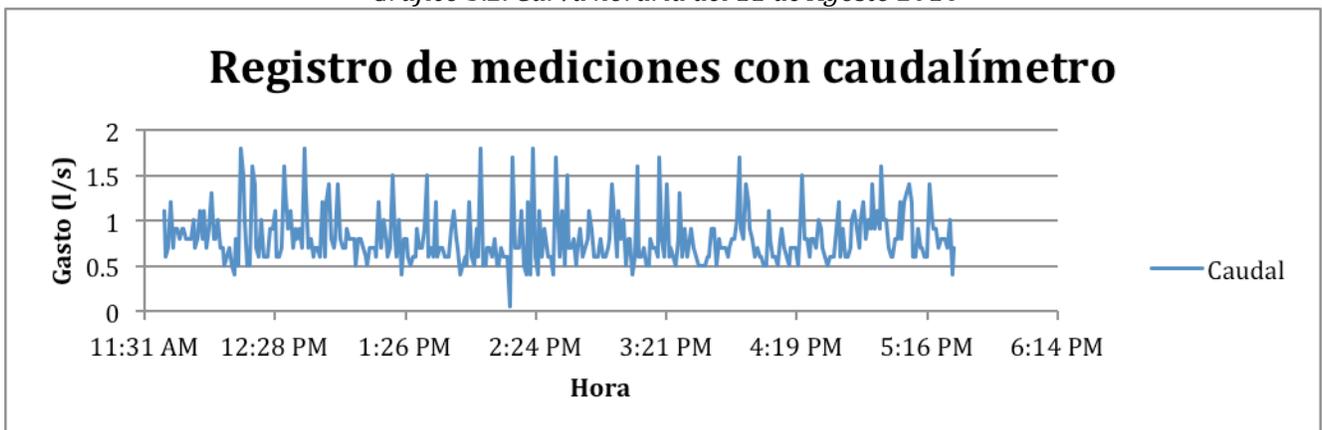
Para determinar si hubo la existencia de variaciones en las velocidades dentro de la tubería se realizaron mediciones con el caudalímetro durante dos días obteniendo el siguiente registro de velocidades y flujos:

Gráfico 3.1. Curva horaria del 4 de Agosto 2016



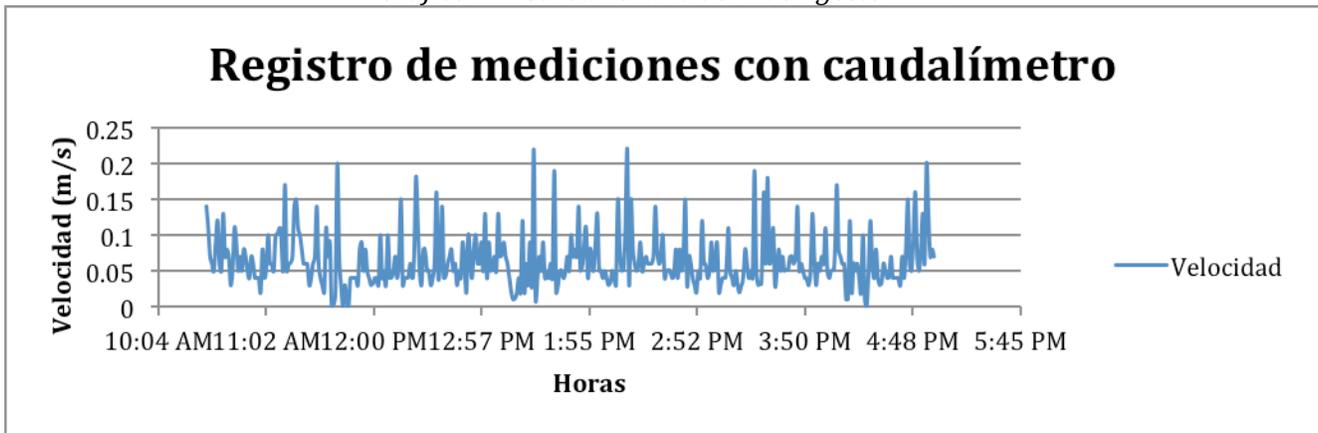
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.2. Curva horaria del 11 de Agosto 2016



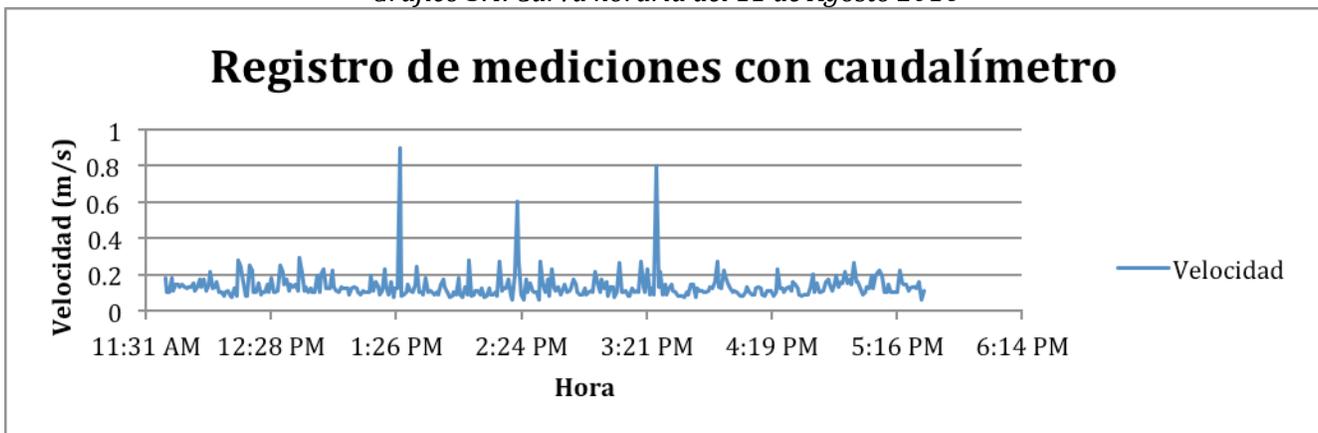
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.3. Curva horaria del 4 de Agosto 2016



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.4. Curva horaria del 11 de Agosto 2016



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Tanque presurizado

El tanque presurizado dentro del sistema de ozono, que se puede observar en la figura 3.6 (A) y (B), es de acero inoxidable tipo 304 en calibre 10 para presión máxima de 7 kg/cm², tiene unas medidas de 0.62 m. de diámetro y 2.60 m. de altura y cuenta con un volumen de 785 L lo que garantiza los 4 minutos de tiempo de contacto entre el agua y el ozono para obtener un inactivación de los microorganismos dentro del agua.

Figura 3.6. Tanque presurizado



(A)



(B)

El tanque presurizado está compuesto de dos mirillas (figura 3.7) para poder observar el agua dentro del tanque, un destructor de ozono (figura 3.8), la bomba que genera el diferencial de presiones (figura 3.9), el vénturi (figura 3.10) y 2 manómetros que permiten monitorear el correcto funcionamiento del mismo (figura 3.11 y 3.12).

Figura 3.7. Mirillas del Tanque Presurizado



Figura 3.8. Destructor de Ozono



Figura 3.9. Bomba de 5 hp



Figura 3.10. Venturi



Localizado a un costado del tanque de contacto

Figura 3.11. Manómetro de Monitoreo de Presiones



Localizado a un costado del tanque de contacto

Figura 3.12. Manómetro de Monitoreo de Presiones



Localizado dentro del panel de mando

3.3 Obra civil para instalación de bebederos

La colocación de los bebederos se realizará instalando una tubería de ¾" que se derivará de una toma principal como se puede observar en el plano de la figura 17, dejando la toma lista para la instalación de los bebederos propuestos por PUMAGUA; teniendo la siguiente cotización que está sujeta al cambio del número de bebederos y la localización de los mismos, tomando en cuenta que en la presente tesis se proponen solamente 3 unidades con su respectiva conexión.

Tabla 3.1. Cotización de los bebederos y su instalación

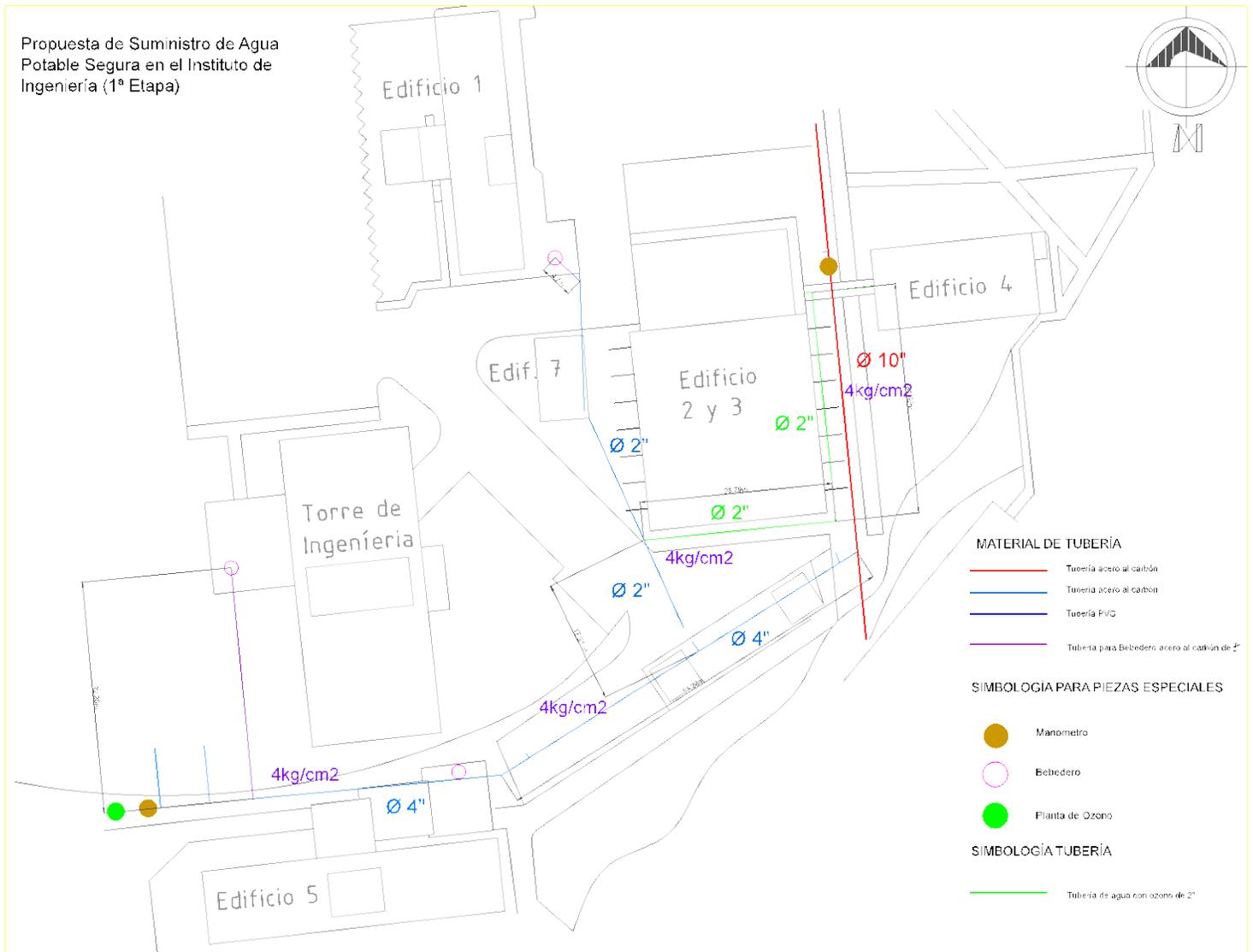
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
Dispensador de agua de acero inoxidable T-304 calibre 16 con registro para mantenimiento y tornillería de acero inoxidable. Base en placa de 3mm de acero inoxidable T-304 Gráfico y logotipo institucional en recorte de vinyl color negro. Incluye llave para bebedero compacta marca METALFLU	pza	3	\$7.560,00	\$22,680.00
Instalación de dispensador de agua. Incluye tornillería de acero inoxidable y taquetes de expansión	pza	3	\$450,00	\$1,350.00
Suministro de tubería de acero galvanizado ¾" de diámetro	m	48,5	\$35,54	1723,69
Instalación de tubería de acero galvanizado de ¾" de diámetro, en líneas de agua potable. El precio unitario incluye: materiales de instalación, mano de obra, herramienta, maquinaria, equipo, almacenajes, acarreos, maniobras, cortes, desperdicios, roscas, alineación, limpieza, cinta teflón, instalación.	m	48,5	\$6,12	296,82
Total de Instalación de Bebederos				\$26,050.51

Fuente: Elaboración propia

3.4 Actualización de planos de la red de distribución del Instituto de Ingeniería

En el siguiente plano se muestra a detalle el área del Instituto de Ingeniería que recibirá agua con ozono, así como la propuesta de las adecuaciones que se deberán hacer para el suministro de los edificios de la primera etapa del proyecto y la instalación de bebederos para el uso de todo el personal dentro del Instituto de Ingeniería así como de la comunidad universitaria.

Figura 3.6. Plano a detalle de adecuaciones en el suministro del agua potable en los edificios así como la posible ubicación de bebederos en el área del Instituto de Ingeniería



Fuente: Elaboración propia a partir de planos de PUMAGUA

Capítulo 4: Mejoramiento del agua potable en el Instituto de Ingeniería

4.1 Costo de inversión

El costo inicial propuesto para el equipo y su instalación que se puede observar en la siguiente tabla se obtuvo teniendo una cotización por el distribuidor a una tasa de cambio de 1 USD: \$15.353 MXN.

Tabla 4.1. Propuesta de cotización para el sistema de potabilización con ozono

COSTO DE INVERSIÓN				
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN CON OZONO				
Equipo de filtros de carbón activado de operación automática y alternada	Unidad	1	\$94,989.01	\$94,989.01
Generador de oxígeno	Unidad	1	\$55,270.80	\$55,270.80
Generador de ozono	Unidad	1	\$83,719.91	\$83,719.91
Destructor de ozono	Unidad	1	\$23,029.50	\$23,029.50
Trampa de agua	Unidad	1	\$5,373.55	\$5,373.55
Inyector y válvula	Unidad	1	\$7,676.60	\$7,676.60
Tanque de acero inoxidable para presión máxima de 7 kilos, con mezclador estático e inyector	Unidad	1	\$61,412.00	\$61,412.00
Motobomba centrífuga de 5 HP.	Unidad	1	\$41,238.16	\$41,238.16
Monitor de ozono	Unidad	1	\$79,835.60	\$79,835.60
Tablero de control para el arranque de la bomba de 5 HP, generador de ozono y destructor, con funcionamiento automático por medio de PLC y pantalla táctil, modulación de generación de ozono y medición de ozono disuelto	Unidad	1	\$56,145.92	\$56,145.92
Suministro de material y mano de obra para la instalación y desviación de la línea de agua de 4" para la incorporación de ozono. instalación y arranque de bomba y tablero automático, conexiones eléctricas en cuarto, instalación de sensores en agua,	Unidad	1	\$68,474.38	\$68,474.38

inyector de ozono y tuberías a inyector				
Suministro de material y mano de obra para instalación eléctrica en cuarto de ozono. Incluye: Centro de cargas tubería de alimentación y cableado a tablero automático de ozono, conexión a filtros de agua y equipos periféricos, luces y apagadores, todo lo necesario para su correcto funcionamiento	Unidad	1	\$25,086.80	\$25,086.80
Viáticos, transportación y hospedaje	Unidad	1	\$15,353.00	\$15,353.00

TOTAL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN CON OZONO \$622,211.13

Fuente: Monroy 2015

El presupuesto final de todo el sistema y la instalación del mismo finalmente quedó como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4.2. Costo del sistema de potabilización con ozono

Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
Sistema de potabilización de ozono	Pieza	1	\$298,500	\$298,500
			Subtotal	\$298,500
			I.V.A	\$47,760
			Total	\$346,260
Instalación del equipo	Pieza	1	\$198,500	\$198,500
			Subtotal	\$198,500
			I.V.A.	\$31,760
			Total	\$230,260
Total del sistema de potabilización de ozono e instalación				\$576,520

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por Gold Ozone S.A. de C.V.

4.2 Costo-Beneficio

En México, de acuerdo a las cifras de CONAGUA, en el año 2013 se contó con una cobertura a nivel nacional del 95.4% para zonas urbanas y 81.6% para zonas rurales. Sin embargo, la desconfianza de la gente de la calidad de dicho suministro provoca que las personas consuman agua embotellada.

Un estudio realizado por la consultora Euromonitor Internacional en el 2014, México fue el país con mayor consumo de agua embotellada y de acuerdo al Banco

Interamericano de Desarrollo, en el 2011 el 81% de mexicanos consumían agua embotellada.

Teniendo en cuenta que dentro del campus de Ciudad Universitaria, se gasta más de 800 mil pesos en embotellados diariamente, según datos de PUMAGUA, era necesario darle una solución, es por ello que dentro de los principales objetivos de este proyecto es la reducción del uso de embotellados que degradan la calidad del ambiente y obtener un mejor tratamiento en el agua como se explicó anteriormente.

Debido a que el sistema de ozono funciona con un equipo de filtros gemelos, estos remueven el cloro residual que ocasiona los problemas en las propiedades organolépticas del agua, permitiendo que se tenga un mejor sabor, color y olor además de no tener presencia de coliformes totales ni fecales como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.3. Análisis de Coliformes Totales y Fecales

Sector Hidráulico	Etapa del Sistema	Sitio de Monitoreo	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Coliformes Totales (UFC/100 ml)	Fecha	Hora	Realizó Análisis
3	Red de Distribución	Instituto de Ingeniería	0	0	8/17/2016	11:00 am	Instituto de Ingeniería

Fuente: PUMAGUA

Por ello y tomando en cuenta que la Secretaría de Salud recomienda que un mexicano en promedio debe tomar 2 litros de agua cada 24 hrs, se realizó un análisis Monte Carlo con una corrida de 1000 personas suponiendo que toman 2, 1 o ninguna botella de a litro en un día, esto debido al espacio y costo de cada botella, todo esto para el ciclo escolar 2017-1 a 2017-2 para clases de lunes a viernes, pues es cuando se tienen más flujo de personas y se cuentan con más tiendas abiertas, llegando así a 75 y 74 días respectivamente para cada semestre y obteniendo los siguientes datos.

Tabla 4.4. Análisis Montecarlo para Embotellados

Botellas	Probabilidad	Acumulada	Total
1 Lt	P(f)	P(f)ac	

0	0.2	0.2	1000
1	0.7	0.9	
2	0.1	1	
Promedio de Gasto Anual	\$6,737.78		
Cantidad de Botellas Anuales	596447		

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos podemos decir que una persona en promedio se ahorraría \$6,737.78 en el ciclo escolar 2017-1 a 2017-2 y lo puede utilizar para otros beneficios si solo toma agua suministrada con ozono.

Realizando el mismo estudio a nivel del Instituto de Ingeniería con su población de 824 personas para el año 2015 y dejando como gasto inicial la compra del equipo y al año siguiente el costo del mantenimiento con una tasa de crecimiento del 1% así como suponiendo que las personas dejarán de tomar al menos 80,000 botellas en un ciclo escolar y que esto aumentará cada año debido a la buena calidad y servicio del equipo tendremos la siguiente tabla para la vida útil del sistema de ozono:

Tabla 4.5 Análisis Costo Beneficio

Año	Flujo neto	Mantenimiento	Núm. botellas	Precio/lit	Tasa Crecimiento	Año	Balance
2016	-602.570,51			\$10,00	1,00%	0	-602.570,51
2017	136.979,49	60.450,00	80.000,00			1	-537.899,48
2018	156.724,99	61.054,50	80.800,00			2	-445.722,43
2019	176.667,95	61.665,05	81.608,00			3	-322.541,18
2020	196.810,33	62.281,70	82.424,08			4	-164.435,79
2021	217.154,14	62.904,51	83.248,32			5	32.986,06
2022	301.234,94	63.533,56	84.080,80			6	338.179,33
2023	321.987,66	64.168,89	84.921,61			7	700.748,51
2024	407.758,49	64.810,58	85.770,83			8	1.192.596,81
2025	428.928,34	65.458,69	86.628,54			9	1.764.636,77
2026	428.928,34	66.113,27	87.494,82			10	2.405.321,52
2027	428.928,34	66.774,41	88.369,77			11	3.122.888,44
2028	428.928,34	67.442,15	89.253,47			12	3.926.563,39
2029	428.928,34	68.116,57	90.146,00			13	4.826.679,34
2030	428.928,34	68.797,74	91.047,46			14	5.834.809,19
2031	428.928,34	69.485,72	91.957,94			15	6.963.914,63
2032	428.928,34	70.180,57	92.877,52			16	8.228.512,73

2033	428.928,34	70.882,38	93.806,29	17	9.644.862,59
2034	428.928,34	71.591,20	94.744,35	18	11.231.174,44
2035	428.928,34	72.307,11	95.691,80	19	13.007.843,71
2036	428.928,34	73.030,19	96.648,72	20	14.997.713,30
2037	428.928,34	73.760,49	97.615,20	21	17.226.367,23
2038	428.928,34	74.498,09	98.591,36	22	19.722.459,64
2039	428.928,34	75.243,07	99.577,27	23	22.518.083,13
2040	428.928,34	75.995,50	100.573,04	24	25.649.181,44
2041	428.928,34	76.755,46	101.578,77	25	29.156.011,55
2042	428.928,34	77.523,01	102.594,56	26	33.083.661,28
2043	428.928,34	78.298,24	103.620,51	27	37.482.628,97
2044	428.928,34	79.081,23	104.656,71	28	42.409.472,78
2045	428.928,34	79.872,04	105.703,28	29	47.927.537,85
2046	428.928,34	80.670,76	106.760,31	30	54.107.770,73
VPN	\$1.806.005,05				
=					
i=	12%				
TIR=	13%				

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla uno puede percatarse que las ganancias inician desde el año 5 de su vida útil y el proyecto es redituable.

Además de esto, A. M. Elvis y J. S. Ekta en su artículo "Terapia con Ozono: Un Análisis Clínico" comentan los beneficios del ozono como lo son:

- Aumento de la tasa de glucólisis en la sangre.
- El ozono activa el ciclo de Krebs y así estimulando la producción de ATP.53576,
- El O₃ provoca la producción de prostaciclina, que es un vasodilatador.

Aunado a esto, la Ciudad de México genera 12 mil toneladas diarias de basura, de las cuales el 9% son plásticos y en el caso del PET (Politereftalato de Etileno), que es el material con el que se fabrican las botellas de plástico, si no se recicla éste tarda de 100 a 1000 años en biodegradarse. Es por ello que al gobierno de la Ciudad de México ha sido pionero en el reciclaje de este material, sin embargo su costo ha aumentado de \$0.30 el kg en el 2001 a \$3.50 el kg en el 2014. Con el proyecto se estarían evitando el desecho de 596 mil 447 embotellados sólo en el área del Instituto de

Ingeniería, lo que sería un beneficio a la UNAM y al Gobierno de la Ciudad de México evitando el costo de traslado de la basura y el reciclaje de la misma.

4.3 Mantenimiento y correcta operación del sistema de ozono

Existen tres tipos distintos de mantenimiento principales:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento predictivo

Dentro del sistema de tratamiento con ozono de acuerdo al distribuidor consta principalmente de 3 módulos que requieren mantenimiento: concentrador de oxígeno, monitor de ozono disuelto y generador de ozono.

Como mantenimiento preventivo se debe verificar que el sistema esté operando en condiciones normales de operación y procedimientos adecuados, estos se pueden revisar en los manuales de la empresa Gold Ozone S.A. de C.V.. Así como un mantenimiento semana verificado los siguientes puntos:

- No limpiar el generador mientras esté en funcionamiento.
- Mantener la entrada de aire libres de obstrucciones.
- Mantener las aberturas de refrigeración del ventilador y pantallas limpias y libres de obstrucciones.
- Limpiar la superficies externas y componentes con agua y un detergente suave.
- Limpiar las esponjas de las rejillas.

Además de revisar el correcto funcionamiento del Generador de Oxígeno:

- Verificando que el compresor esté funcionando correctamente.
- Que el ventilador del equipo funcione adecuadamente.
- Que la concentración del oxígeno sea la adecuada para el funcionamiento del equipo.

En el caso del mantenimiento predictivo la empresa Gold Ozone S.A. de C.V. propone los siguientes servicios:

Concentrador de oxígeno Topaz Plus, servicio cada 8,000 horas

Número de parte Biozono	Descripción	Cantidad
BIO-KITC-001	Kit de mantenimiento para el Compresor	1
BIO-KITC-001	Kit de mantenimiento de válvulas	1
BIO-KITC-001	Válvula ecualizadora	1
BIO-KITC-001	Silenciador de salida	1

Monitor de Ozono Disuelto, servicio cada 4 meses

Número de parte Biozono	Descripción	Cantidad
BIO-ELECT-001	Electrolito	1
BIO-CEL-001	Membrana	1

Generador de Ozono, servicio cada 8,000 horas

Descripción de Biozono	Descripción	Cantidad
N/A	Revisión al Sistema	1

En el caso del mantenimiento correctivo, la empresa tiene que restaurar el funcionamiento del equipo, es por ello que requiere hacer una evaluación integral de

los daños, en algunas ocasiones es necesario retirar equipos para revisarlos y proporcionan un equipo en renta.

A continuación se muestra una lista de las posibles piezas que necesiten éste tipo de mantenimiento.

Piezas generales del concentrador de ozono

Número de parte Biozono	Descripción	Cantidad
BIO-CAPC-001	Capacitor de Compresor	1
BIO-VENAIR-001	Ventilador	1
BIO-HOR-001	Horómetro	1
BIO-ROTAIR-001	Rotámetro	1
BIO-BOARD-001	Tarjeta Electrónica	1
BIO-SWGR-001	Interruptor On/Off	1
BIO-MOUNT-001	Soportes de Compresor	4
BIO-COLOX-001	Columnas de Intercambio de Concentración de Oxígeno	2

Piezas generales del monitor de ozono disuelto

Número de parte de Biozono	Descripción	Cantidad
BIO-SENS-003	Sensor	1

BIO-CAB-010	Cable de sensor (10 pies)	1
BIO-CAB-050	Cable de sensor (50 pies)	1

Piezas generales del generador de ozono

Número de parte de Biozono	Descripción	Cantidad
BIO-VENT6-115	Ventilador	1

A esto se le debe sumar el mantenimiento de los filtros de carbón activado, que se debe cambiar dicho carbón cada 6 meses.

Tomando en cuenta el mantenimiento preventivo el costo anual se puede observar en la siguiente tabla la cual no contiene I.V.A y está sujeta al cambio del dólar, que en ésta tesis se tomó a \$1 dólar = \$18.95 MNX.

Tabla 4.6. Mantenimiento anual del sistema de ozono

Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
Servicio de mantenimiento equipo gemelo alterno de filtros de carbón activado mod. 2162 y de operación automática, incluye 14 pies cúbicos de carbón activado de cáscara de coco y el retiro de material degradado junto con la calibración de las dos válvulas automáticas	pza	1	\$1.540,00	\$1.540,00
Servicio de revisión y ajuste de generador de ozono que incluye reapretar cableado, verificación de fugas y que el sistema funciona adecuadamente	pza	1	\$600,00	\$600,00
Servicio de mantenimiento anual al concentrador de oxígeno que incluye cambio de desgaste de compresor, cambio de glándulas de electroválvulas y mofle de salida, verificación de concentración de oxígeno y buen funcionamiento	pza	1	\$450,00	\$450,00
Viáticos, transportación y hospedaje	pza	1	\$600,00	\$600,00
Total de mantenimiento anual al sistema de ozono (dólares)				3.190,00 \$
Total de mantenimiento anual al sistema de ozono				MX\$60.450,50

Fuente: Gold Ozone S.A de C.V.

Capítulo 5: Conclusiones

El sistema de potabilización con filtros y ozono construido en el área del Instituto de Ingeniería de la UNAM resolvió el problema presentado por el cloro como método de desinfección, pues originaba un mal sabor, olor y una ligera turbiedad ocasionado por las variaciones presentadas por el cloro residual, además de ello, al ser un poderoso oxidante, es capaz de proporcionar desinfección con menores concentraciones y tiempo de contacto, evitando también la generación de compuestos indeseables organoclorados durante el proceso.

Con las mediciones realizadas con el caudalímetro, al comparar los resultados con los ya estimados antes de la construcción por Monroy (2015), se verificó que los flujos y las velocidades dentro de la tubería no tuvieron mayor cambio con lo previsto. Además se realizaron revisiones periódicas de la presión antes y después de la operación del sistema gracias a los manómetros del equipo y del Edificio 1 de Ingeniería. La presión se mantiene en 4 kg/cm^2 , sin embargo aún no se realizan las adecuaciones para conectar a los edificios 2, 3 y 4 del Instituto lo que quizá origine la pérdida de 0.5 kg/cm^2 prevista desde un inicio.

El equipo quedó confinado en una caseta para su protección permitiendo tener una seguridad para el sistema así como poder realizar un mantenimiento y revisión solo por personal autorizado.

El objetivo primordial del sistema de ozono, es la disminución de embotellados, que crearía un beneficio al usuario, la UNAM y al mismo gobierno de la Ciudad de México, pues se dejarían de consumir 596 mil 447 embotellados anualmente de acuerdo con el análisis Monte Carlo, esto implica un ahorro de \$6,737.78 a cada estudiante a manera de ejemplo en esta tesis, además realizar el análisis de costo beneficio suponiendo que al menos se dejarían de consumir 80,000 embotellados en un ciclo escolar y esto aumentaría cada año debido a su beneficio a la salud y que no presenta olores, sabores o colores no deseados en el agua potable y teniendo como costo fijo solamente el mantenimiento del sistema de ozono que anualmente crecería un 1%, en los 30 años de vida útil del equipo se puede observar que a partir del quinto año de su servicio se verían reflejadas ganancias para el Instituto de Ingeniería

Además se realizó el costo anual del mantenimiento así como las recomendaciones para la correcta operación del sistema de ozono.

Recomendaciones

Se deben realizar mayores estudios para el beneficio del ozono a la salud, al igual que se deben proponer límites permisibles como el resto de los métodos de desinfección.

De la misma manera, se debe tener un mejor control y actualización de los planos hidráulicos del Instituto de Ingeniería, ya que se tienen modificaciones en la red que no se muestran en los planos.

Proyecto a futuro

Primeramente se debe realizar la interconexión de los edificios 2, 3 y 4 propuestos inicialmente, para poder concluir la primera etapa del proyecto propuesto, realizando estudios de velocidades y presiones a manera de monitoreo para verificar que no existan pérdidas mayores a 0.5 kg/cm² y el sistema de ozono funcione de manera óptima.

Con esto concluiría la primera parte del proyecto propuesto por el Instituto de Ingeniería, sin embargo, el proyecto comprende que toda el área del Instituto de Ingeniería cuente con un sistema de ozono para la red de abastecimiento, es por ello que se deben hacer mayores estudios para una posible instalación de equipo para el resto de los edificios o una modificación en la red de agua potable para dotar de agua con el equipo existente. Además de proponer un lugar para bebederos realizando su estudio pertinente para su instalación, utilizando los bebederos propuesto por PUMAGUA.

Bibliografía

A. M. Elvis y J. S. Ekta (2011). *Ozone Therapy: A clinical review*.

American Water Works Association, *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*, Segunda Edición, EUA.

American Water Works Association, *Water Quality Treatment*, Quinta Edición. EUA.

BIRRICHAGA, Diana, *Dos estudios sobre los usos del agua en México (siglo XIX y XX)*, México, IMTA/CIESAS, 1997.

Boletín #5, PUMAGUA, Abril 2012.

http://www.pumagua.unam.mx/boletines/boletin_005.html

Boletín #26, PUMAGUA, Septiembre 2015.

http://www.pumagua.unam.mx/boletines/boletin_026.html

BRINGMANN, G. *Determination of the Lethal Activity of Chlorine and Ozone on E. Coli*, 1954.

CHANG, S.L. (1971). *Modern Concepts of Disinfection*.

Ciencia y Desarrollo, Residuos de la Ciudad de México.

<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/195/Articulos/Residuossolidos/Popups/Residuosdf.htm#a>

Comisión Nacional del Agua (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*.

Comisión Nacional del Agua (2009). *Semblanza Hidráulica del Agua de México*

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHistóricaMéxico.pdf>

Comisión Nacional del Agua. *Catálogo General de Precios Unitarios para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado 2013*.

CRONHOLM, L.S., et al (1976). Enteric Virus Survival in Package Plants and the Upgrading of the Small Treatment Plants Using Ozone. Water Resources Research Institute, University of Kentucky, Lexington.

DeMERS, L. Y R.C. Renner (1992). *Alternative Disinfection Technologies for Small Drinking Water Systems*, Denver, CO: AWWA.

DOWNES A. BLOUNT TP (1877). *Researches on the effect of light upon bacteria other organisms. Proceedings of the Royal Society*.

EPA (1999), *Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants*.

EPA (2011), *Water Treatment Manual: Disinfection*.

GIESE, A.C. y E. Christensen (1954). Effects of Ozone on Organisms.

Gold Ozone (2015). *Planos y Manuales de Mantenimiento de Sistema de Ozono en Línea*.

GOUBERT, Jean-Pierre (1989). *The Conquest of Water. The Advent of Health in the Industrial Age*, Nueva Jersey, Princeton University Press.

HOFMANN, Ron; ANDREWS, Bob; LACHMANIUK, Pat (2010). Guidelines for Ultraviolet Disinfection of Drinking Water: Considerations for Ontario.

<http://dx.doi.org/10.1080/15287390490492476>

HOIGNÉ, J. y BADER, H. (1975), *Ozonation in Water: Role of Hydroxyl Radicals as Oxidizing Intermediates*, Science.

HOIGNÉ, J. y BADER, H. (1976). *Role of Hydroxyl Radical Reactions in Ozonation Processes in Aqueous Solutions*.

C. B. HUFF, H. F. SMITH, W. D. BORING y N. A. CLARKE (1965). *Study of ultraviolet disinfection of water and factors in treatment efficiency*.

INEGI, Censos y conteos de población y vivienda

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/>

MARINI, Eva Carolina (2013). Plan de seguridad de agua para la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/proy_desarrollo/marini_eva.pdf

MATÉS Barco, Juan Manuel (1999). *La conquista del agua. Historia económica del abastecimiento urbano*, Jaén, Universidad de Jaén.

MONROY, Jennifer (2015). *Propuesta de Sistema de Desinfección Primaria con Ozono en la Red de Suministro de Agua Potable del Instituto de Ingeniería de la UNAM*.

OCAMPO, Juana; MORA, Ernesto. *Calidad del Agua en el Valle de México*.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/144.pdf>

PAREDES, Alberto (2009). *Water Manegament in Mexico: A Framework*, Water International.

PÉREZ, Laura; RODRÍGUEZ, Óscar; GUTIÉRREZ, Rosario; MARTÍNEZ, Polioptro (2014). *Índices de Calidad de Agua: Un Comparativo entre México, Estados Unidos y la Unión Europea*.

http://amh.org.mx/documentos/congreso/Memorias%20del%20XXIII%20Congreso%20Nacional%20de%20Hidraulica/Tema%207_Investigacion%20y%20Docencia/t7_art_pfls1.pdf

Programa de Manejo, Uso y Reúso de Agua de la UNAM (2009). *Avances*

http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/informes/2009/avances_2009.pdf

Programa de Manejo, Uso y Reúso de Agua de la UNAM (2009). *Balance Hidráulico*

http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/informes/2009/balance_hidraulico_2009.pdf

Programa de Manejo, Uso y Reúso de Agua de la UNAM (2010). *Informe de Avances*.

http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/informes/2010/avances_2010.pdf

Programa de Manejo, Uso y Reúso de Agua de la UNAM (2010). *Calidad del Agua*.
http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/informes/2010/calidad_del_agua_2010.pdf

RAJESHWAR, K. y IBAÑEZ, J (1997). *Environmental Electrochemistry: Fundamentals and Applications in Pollution Sensors and Abatement*.

RIESSER, V.W., et al (1976). *Possible Mechanisms of Poliovirus Inactivation by Ozone*, Internationa Ozone Institute , Syracuse: NY.

ROCHA, José Daniel (2012). *Diagnóstico y Sectorización del Sistema de Agua Potable de Ciudad Universitaria de la UNAM*.

RUBIN, Mordecai (2001). *The History of Ozone The Shöbein Period, 1839-1868*.
<http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/HIST/awards/OPA%20Papers/2001-Rubin.pdf>

SAADE, Lillian (2009). *Toward More Efficient Urban Water Manegament in Mexico*. Water International.
<http://dx.doi.org/10.1080/02508069708686694>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Residuos Sólidos Urbanos.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39412/RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS-ENCARTE.pdf

Secretaría de Recursos Hidráulicos (1952). *Informe de labores de la Secretaría de Recursos Hidráulicos del 1º de septiembre de 1951 al 31 de agosto de 1952*, México, Talleres Gráficos de la Nación.

SOMMER, Regina; CABAJ, Alexander; HIRSCHMANN, Georg; HAIDER, Thomas (2008). *Disinfection of Drinking Water by UV Irradiation: Basic Principles – Specific Requirements – International Implementations*.
<http://dx.doi.org/10.1080/01919510701759181>

TOUSSAINT, Manuel (1974). *Arte colonial en México, México*, UNAM.

U.S. Environmental Protection Agency (1989). *Lead in school drinking water*, Washington D.C., 1989.

WHO (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality, Annex 5: Treatment methods and performance*, Quinta Edición, Suiza.

WHO (2008). *Guidelines for Drinking-water quality – Volume 1: Recommendations*, Tercera Edición.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/

World Resources Institute (2015). *Ranking the World's Most Water-Stressed Countries in 2040*.

<http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world's-most-water-stressed-countries-2040>

Anexos

Anexo 1. Proceso constructivo de la caseta para resguardo del sistema de ozono e instalación del sistema de ozono.



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(8)



(9)

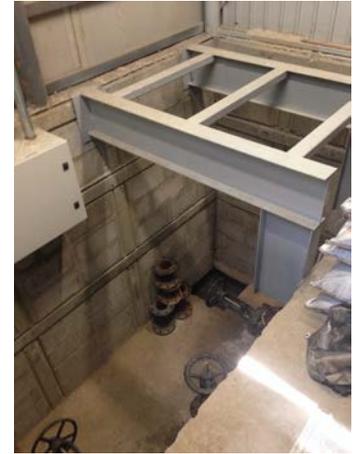
(7)



(10)



(11)



(12)



(13)



(14)



(15)

Anexo 2. Simulación de Montecarlo para embotellados.

<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.523	1	0.728	1	0.356	1	0.701	1	0.826	1	50	3750	3700	7450

0.416	1	0.169	0	0.156	0	0.073	0	0.294	1	20	1500	1480	2980
0.884	1	0.015	0	0.766	1	0.731	1	0.216	1	40	3000	2960	5960
0.174	0	0.788	1	0.711	1	0.796	1	0.652	1	40	3000	2960	5960
0.066	0	0.834	1	0.819	1	0.376	1	0.819	1	40	3000	2960	5960
0.419	1	0.502	1	0.636	1	0.159	0	0.147	0	30	2250	2220	4470
0.599	1	0.304	1	0.617	1	0.477	1	0.509	1	50	3750	3700	7450
0.135	0	0.334	1	0.879	1	0.201	1	0.251	1	40	3000	2960	5960
0.600	1	0.475	1	0.368	1	0.124	0	0.854	1	40	3000	2960	5960
0.806	1	0.459	1	0.329	1	0.188	0	0.397	1	40	3000	2960	5960
0.983	2	0.397	1	0.425	1	0.741	1	0.919	2	70	5250	5180	10430
0.110	0	0.649	1	0.365	1	0.245	1	0.388	1	40	3000	2960	5960
0.273	1	0.942	2	0.398	1	0.394	1	0.426	1	60	4500	4440	8940
0.911	2	0.309	1	0.479	1	0.399	1	0.651	1	60	4500	4440	8940
0.313	1	0.079	0	0.876	1	0.042	0	0.345	1	30	2250	2220	4470
0.240	1	0.649	1	0.322	1	0.639	1	0.278	1	50	3750	3700	7450
0.014	0	0.431	1	0.489	1	0.511	1	0.102	0	30	2250	2220	4470
0.928	2	0.713	1	0.276	1	0.161	0	0.606	1	50	3750	3700	7450
0.595	1	0.861	1	0.780	1	0.751	1	0.036	0	40	3000	2960	5960
0.238	1	0.470	1	0.460	1	0.649	1	0.067	0	40	3000	2960	5960
0.597	1	0.869	1	0.101	0	0.070	0	0.111	0	20	1500	1480	2980
0.814	1	0.362	1	0.491	1	0.682	1	0.216	1	50	3750	3700	7450
0.949	2	0.278	1	0.159	0	0.172	0	0.289	1	40	3000	2960	5960
0.870	1	0.005	0	0.004	0	0.638	1	0.642	1	30	2250	2220	4470
0.792	1	0.675	1	0.165	0	0.652	1	0.792	1	40	3000	2960	5960
0.925	2	0.281	1	0.869	1	0.580	1	0.626	1	60	4500	4440	8940
0.368	1	0.256	1	0.513	1	0.804	1	0.913	2	60	4500	4440	8940
0.314	1	0.690	1	0.618	1	0.382	1	0.338	1	50	3750	3700	7450
0.304	1	0.291	1	0.202	1	0.819	1	0.853	1	50	3750	3700	7450
0.918	2	0.984	2	0.032	0	0.818	1	0.537	1	60	4500	4440	8940
0.600	1	0.318	1	0.304	1	0.324	1	0.531	1	50	3750	3700	7450
0.580	1	0.080	0	0.166	0	0.319	1	0.585	1	30	2250	2220	4470
0.014	0	0.270	1	0.742	1	0.990	2	0.240	1	50	3750	3700	7450
0.546	1	0.083	0	0.149	0	0.551	1	0.800	1	30	2250	2220	4470
0.380	1	0.274	1	0.126	0	0.597	1	0.354	1	40	3000	2960	5960
0.360	1	0.401	1	0.268	1	0.496	1	0.321	1	50	3750	3700	7450
0.306	1	0.876	1	0.113	0	0.804	1	0.898	1	40	3000	2960	5960
0.249	1	0.957	2	0.731	1	0.721	1	0.793	1	60	4500	4440	8940
0.176	0	0.381	1	0.057	0	0.105	0	0.153	0	10	750	740	1490
0.949	2	0.928	2	0.534	1	0.843	1	0.997	2	80	6000	5920	11920
0.596	1	0.326	1	0.613	1	0.391	1	0.118	0	40	3000	2960	5960
0.958	2	0.841	1	0.717	1	0.141	0	0.992	2	60	4500	4440	8940
0.504	1	0.718	1	0.869	1	0.500	1	0.159	0	40	3000	2960	5960

0.364	1	0.496	1	0.806	1	0.189	0	0.305	1	40	3000	2960	5960
0.960	2	0.003	0	0.166	0	0.136	0	0.969	2	40	3000	2960	5960
0.565	1	0.025	0	0.730	1	0.019	0	0.913	2	40	3000	2960	5960
0.363	1	0.884	1	0.796	1	0.047	0	0.821	1	40	3000	2960	5960
0.372	1	0.652	1	0.250	1	0.161	0	0.223	1	40	3000	2960	5960
0.975	2	0.566	1	0.449	1	0.807	1	0.341	1	60	4500	4440	8940
0.328	1	0.914	2	0.795	1	0.677	1	0.634	1	60	4500	4440	8940
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.862	1	0.876	1	0.751	1	0.062	0	0.266	1	40	3000	2960	5960
0.558	1	0.647	1	0.062	0	0.356	1	0.091	0	30	2250	2220	4470
0.317	1	0.080	0	0.792	1	0.885	1	0.126	0	30	2250	2220	4470
0.154	0	0.467	1	0.997	2	0.506	1	0.128	0	40	3000	2960	5960
0.889	1	0.497	1	0.940	2	0.206	1	0.832	1	60	4500	4440	8940
0.068	0	0.480	1	0.757	1	0.750	1	0.988	2	50	3750	3700	7450
0.624	1	0.413	1	0.746	1	0.428	1	0.088	0	40	3000	2960	5960
0.955	2	0.669	1	0.307	1	0.765	1	0.062	0	50	3750	3700	7450
0.498	1	0.181	0	0.822	1	0.337	1	0.013	0	30	2250	2220	4470
0.642	1	0.833	1	0.674	1	0.200	1	0.322	1	50	3750	3700	7450
0.045	0	0.490	1	0.462	1	0.987	2	0.359	1	50	3750	3700	7450
0.409	1	0.202	1	0.668	1	0.097	0	0.031	0	30	2250	2220	4470
0.644	1	0.057	0	0.736	1	0.036	0	0.033	0	20	1500	1480	2980
0.643	1	0.065	0	0.516	1	0.177	0	0.367	1	30	2250	2220	4470
0.897	1	0.256	1	0.694	1	0.270	1	0.604	1	50	3750	3700	7450
0.519	1	0.366	1	0.424	1	0.491	1	0.036	0	40	3000	2960	5960
0.155	0	0.127	0	0.047	0	0.526	1	0.773	1	20	1500	1480	2980
0.255	1	0.857	1	0.556	1	0.576	1	0.130	0	40	3000	2960	5960
0.305	1	0.942	2	0.264	1	0.447	1	0.146	0	50	3750	3700	7450
0.627	1	0.833	1	0.968	2	0.394	1	0.590	1	60	4500	4440	8940
0.725	1	0.368	1	0.423	1	0.100	0	0.040	0	30	2250	2220	4470
0.965	2	0.571	1	0.853	1	0.854	1	0.063	0	50	3750	3700	7450
0.430	1	0.346	1	0.007	0	0.321	1	0.110	0	30	2250	2220	4470
0.645	1	0.661	1	0.108	0	0.910	2	0.833	1	50	3750	3700	7450
0.450	1	0.614	1	0.268	1	0.094	0	0.834	1	40	3000	2960	5960
0.434	1	0.493	1	0.772	1	0.443	1	0.737	1	50	3750	3700	7450
0.080	0	0.275	1	0.944	2	0.917	2	0.099	0	50	3750	3700	7450
0.074	0	0.837	1	0.006	0	0.314	1	0.087	0	20	1500	1480	2980
0.623	1	0.665	1	0.391	1	0.905	2	0.604	1	60	4500	4440	8940
0.979	2	0.795	1	0.745	1	0.656	1	0.909	2	70	5250	5180	10430
0.270	1	0.617	1	0.759	1	0.424	1	0.577	1	50	3750	3700	7450
0.644	1	0.558	1	0.693	1	0.920	2	0.724	1	60	4500	4440	8940
0.062	0	0.162	0	0.082	0	0.545	1	0.170	0	10	750	740	1490

0.133	0	0.648	1	0.616	1	0.304	1	0.777	1	40	3000	2960	5960
0.433	1	0.954	2	0.837	1	0.314	1	0.534	1	60	4500	4440	8940
0.656	1	0.025	0	0.662	1	0.465	1	0.466	1	40	3000	2960	5960
0.776	1	0.807	1	0.081	0	0.091	0	0.138	0	20	1500	1480	2980
0.498	1	0.783	1	0.136	0	0.975	2	0.628	1	50	3750	3700	7450
0.737	1	0.074	0	0.827	1	0.096	0	0.761	1	30	2250	2220	4470
0.630	1	0.390	1	0.680	1	0.845	1	0.304	1	50	3750	3700	7450
0.790	1	0.157	0	0.050	0	0.393	1	0.997	2	40	3000	2960	5960
0.778	1	0.124	0	0.759	1	0.038	0	0.333	1	30	2250	2220	4470
0.631	1	0.834	1	0.681	1	0.574	1	0.107	0	40	3000	2960	5960
0.537	1	0.966	2	0.079	0	0.210	1	0.213	1	50	3750	3700	7450
0.671	1	0.162	0	0.907	2	0.817	1	0.632	1	50	3750	3700	7450
0.256	1	0.505	1	0.250	1	0.818	1	0.050	0	40	3000	2960	5960
0.035	0	0.034	0	0.996	2	0.857	1	0.293	1	40	3000	2960	5960
0.039	0	0.339	1	0.320	1	0.200	1	0.896	1	40	3000	2960	5960
0.527	1	0.597	1	0.658	1	0.480	1	0.087	0	40	3000	2960	5960
0.302	1	0.307	1	0.788	1	0.686	1	0.343	1	50	3750	3700	7450
0.716	1	0.832	1	0.149	0	0.352	1	0.934	2	50	3750	3700	7450
0.427	1	0.572	1	0.148	0	0.262	1	0.953	2	50	3750	3700	7450
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Annual
0.946	2	0.167	0	0.424	1	0.104	0	0.294	1	40	3000	2960	5960
0.841	1	0.130	0	0.623	1	0.372	1	0.632	1	40	3000	2960	5960
0.954	2	0.727	1	0.293	1	0.481	1	0.216	1	60	4500	4440	8940
0.098	0	0.801	1	0.688	1	0.574	1	0.565	1	40	3000	2960	5960
0.110	0	0.709	1	0.606	1	0.479	1	0.992	2	50	3750	3700	7450
0.919	2	0.618	1	0.414	1	0.326	1	0.855	1	60	4500	4440	8940
0.922	2	0.141	0	0.041	0	0.015	0	0.990	2	40	3000	2960	5960
0.222	1	0.179	0	0.988	2	0.263	1	0.290	1	50	3750	3700	7450
0.271	1	0.591	1	0.179	0	0.050	0	0.472	1	30	2250	2220	4470
0.642	1	0.585	1	0.692	1	0.935	2	0.594	1	60	4500	4440	8940
0.508	1	0.670	1	0.511	1	0.815	1	0.295	1	50	3750	3700	7450
0.770	1	0.928	2	0.457	1	0.981	2	0.579	1	70	5250	5180	10430
0.461	1	0.284	1	0.943	2	0.270	1	0.138	0	50	3750	3700	7450
0.288	1	0.616	1	0.245	1	0.668	1	0.142	0	40	3000	2960	5960
0.048	0	0.210	1	0.983	2	0.831	1	0.893	1	50	3750	3700	7450
0.110	0	0.023	0	0.327	1	0.732	1	0.846	1	30	2250	2220	4470
0.887	1	0.890	1	0.576	1	0.028	0	0.114	0	30	2250	2220	4470
0.118	0	0.485	1	0.141	0	0.689	1	0.585	1	30	2250	2220	4470
0.829	1	0.826	1	0.250	1	0.213	1	0.896	1	50	3750	3700	7450
0.602	1	0.955	2	0.923	2	0.823	1	0.945	2	80	6000	5920	11920
0.042	0	0.341	1	0.718	1	0.054	0	0.906	2	40	3000	2960	5960

0.566	1	0.480	1	0.101	0	0.503	1	0.156	0	30	2250	2220	4470
0.513	1	0.652	1	0.708	1	0.553	1	0.248	1	50	3750	3700	7450
0.847	1	0.178	0	0.595	1	0.030	0	0.476	1	30	2250	2220	4470
0.526	1	0.775	1	0.458	1	0.520	1	0.957	2	60	4500	4440	8940
0.816	1	0.703	1	0.722	1	0.826	1	0.477	1	50	3750	3700	7450
0.690	1	0.807	1	0.392	1	0.245	1	0.490	1	50	3750	3700	7450
0.373	1	0.754	1	0.875	1	0.340	1	0.754	1	50	3750	3700	7450
0.105	0	0.815	1	0.052	0	0.527	1	0.284	1	30	2250	2220	4470
0.997	2	0.184	0	0.191	0	0.446	1	0.295	1	40	3000	2960	5960
0.874	1	0.257	1	0.576	1	0.669	1	0.222	1	50	3750	3700	7450
0.535	1	0.791	1	0.240	1	0.667	1	0.970	2	60	4500	4440	8940
0.591	1	0.533	1	0.931	2	0.079	0	0.374	1	50	3750	3700	7450
0.380	1	0.767	1	0.004	0	0.187	0	0.831	1	30	2250	2220	4470
0.109	0	0.013	0	0.359	1	0.735	1	0.933	2	40	3000	2960	5960
0.536	1	0.176	0	0.462	1	0.334	1	0.268	1	40	3000	2960	5960
0.827	1	0.863	1	0.145	0	0.529	1	0.247	1	40	3000	2960	5960
0.232	1	0.062	0	0.657	1	0.880	1	0.479	1	40	3000	2960	5960
0.619	1	0.153	0	0.935	2	0.849	1	0.711	1	50	3750	3700	7450
0.249	1	0.420	1	0.148	0	0.300	1	0.065	0	30	2250	2220	4470
0.649	1	0.920	2	0.164	0	0.465	1	0.833	1	50	3750	3700	7450
0.401	1	0.450	1	0.586	1	0.138	0	0.522	1	40	3000	2960	5960
0.729	1	0.921	2	0.861	1	0.970	2	0.479	1	70	5250	5180	10430
0.526	1	0.503	1	0.832	1	0.804	1	0.022	0	40	3000	2960	5960
0.139	0	0.622	1	0.108	0	0.676	1	0.410	1	30	2250	2220	4470
0.648	1	0.861	1	0.709	1	0.116	0	0.475	1	40	3000	2960	5960
0.000	0	0.358	1	0.148	0	0.951	2	0.894	1	40	3000	2960	5960
0.774	1	0.707	1	0.490	1	0.564	1	0.783	1	50	3750	3700	7450
0.096	0	0.613	1	0.644	1	0.500	1	0.663	1	40	3000	2960	5960
0.986	2	0.884	1	0.415	1	0.264	1	0.032	0	50	3750	3700	7450
0.967	2	0.558	1	0.565	1	0.304	1	0.051	0	50	3750	3700	7450
0.177	0	0.687	1	0.069	0	0.843	1	0.402	1	30	2250	2220	4470

<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.807	1	0.379	1	0.625	1	0.720	1	0.843	1	50	3750	3700	7450
0.904	2	0.903	2	0.311	1	0.635	1	0.978	2	80	6000	5920	11920
0.129	0	0.106	0	0.610	1	0.318	1	0.693	1	30	2250	2220	4470
0.110	0	0.594	1	0.175	0	0.322	1	0.396	1	30	2250	2220	4470
0.566	1	0.820	1	0.861	1	0.309	1	0.916	2	60	4500	4440	8940
0.535	1	0.609	1	0.543	1	0.112	0	0.757	1	40	3000	2960	5960
0.445	1	0.684	1	0.105	0	0.504	1	0.807	1	40	3000	2960	5960
0.890	1	0.581	1	0.504	1	0.004	0	0.876	1	40	3000	2960	5960
0.102	0	0.106	0	0.266	1	0.779	1	0.913	2	40	3000	2960	5960

0.135	0	0.040	0	0.838	1	0.310	1	0.237	1	30	2250	2220	4470
0.973	2	0.999	2	0.314	1	0.119	0	0.823	1	60	4500	4440	8940
0.495	1	0.442	1	0.915	2	0.582	1	0.376	1	60	4500	4440	8940
0.422	1	0.920	2	0.863	1	0.627	1	0.864	1	60	4500	4440	8940
0.644	1	0.778	1	0.321	1	0.658	1	0.195	0	40	3000	2960	5960
0.131	0	0.632	1	0.053	0	0.303	1	0.980	2	40	3000	2960	5960
0.020	0	0.685	1	0.184	0	0.510	1	0.447	1	30	2250	2220	4470
0.390	1	0.177	0	0.067	0	0.220	1	0.569	1	30	2250	2220	4470
0.212	1	0.352	1	0.647	1	0.113	0	0.921	2	50	3750	3700	7450
0.021	0	0.031	0	0.593	1	0.113	0	0.697	1	20	1500	1480	2980
0.558	1	0.302	1	0.985	2	0.004	0	0.114	0	40	3000	2960	5960
0.146	0	0.816	1	0.572	1	0.677	1	0.858	1	40	3000	2960	5960
0.123	0	0.769	1	0.597	1	0.841	1	0.613	1	40	3000	2960	5960
0.528	1	0.336	1	0.133	0	0.622	1	0.021	0	30	2250	2220	4470
0.403	1	0.891	1	0.527	1	0.274	1	0.552	1	50	3750	3700	7450
0.450	1	0.976	2	0.813	1	0.782	1	0.288	1	60	4500	4440	8940
0.044	0	0.408	1	0.119	0	0.936	2	0.188	0	30	2250	2220	4470
0.085	0	0.442	1	0.601	1	0.334	1	0.449	1	40	3000	2960	5960
0.660	1	0.030	0	0.220	1	0.211	1	0.421	1	40	3000	2960	5960
0.641	1	0.197	0	0.392	1	0.479	1	0.164	0	30	2250	2220	4470
0.735	1	0.425	1	0.187	0	0.239	1	0.779	1	40	3000	2960	5960
0.338	1	0.210	1	0.172	0	0.142	0	0.401	1	30	2250	2220	4470
0.655	1	0.601	1	0.253	1	0.886	1	0.163	0	40	3000	2960	5960
0.758	1	0.412	1	0.568	1	0.498	1	0.383	1	50	3750	3700	7450
0.789	1	0.266	1	0.374	1	0.491	1	0.204	1	50	3750	3700	7450
0.493	1	0.968	2	0.900	1	0.065	0	0.431	1	50	3750	3700	7450
0.433	1	0.909	2	0.804	1	0.559	1	0.483	1	60	4500	4440	8940
0.822	1	0.956	2	0.464	1	0.887	1	0.927	2	70	5250	5180	10430
0.712	1	0.792	1	0.478	1	0.973	2	0.945	2	70	5250	5180	10430
0.509	1	0.974	2	0.231	1	0.559	1	0.028	0	50	3750	3700	7450
0.549	1	0.218	1	0.709	1	0.515	1	0.140	0	40	3000	2960	5960
0.920	2	0.126	0	0.799	1	0.158	0	0.569	1	40	3000	2960	5960
0.357	1	0.316	1	0.278	1	0.122	0	0.266	1	40	3000	2960	5960
0.343	1	0.682	1	0.593	1	0.329	1	0.903	2	60	4500	4440	8940
0.698	1	0.593	1	0.896	1	0.627	1	0.823	1	50	3750	3700	7450
0.871	1	0.701	1	0.872	1	0.614	1	0.100	0	40	3000	2960	5960
0.516	1	0.871	1	0.462	1	0.797	1	0.710	1	50	3750	3700	7450
0.202	1	0.537	1	0.806	1	0.496	1	0.715	1	50	3750	3700	7450
0.677	1	0.312	1	0.190	0	0.086	0	0.585	1	30	2250	2220	4470
0.094	0	0.073	0	0.658	1	0.514	1	0.470	1	30	2250	2220	4470
0.730	1	0.421	1	0.702	1	0.194	0	0.539	1	40	3000	2960	5960
0.970	2	0.789	1	0.515	1	0.390	1	0.670	1	60	4500	4440	8940

<i>0.123</i>	<i>0</i>	<i>0.006</i>	<i>0</i>	<i>0.421</i>	<i>1</i>	<i>0.612</i>	<i>1</i>	<i>0.921</i>	<i>2</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Annual</i>
<i>0.300</i>	<i>1</i>	<i>0.680</i>	<i>1</i>	<i>0.142</i>	<i>0</i>	<i>0.782</i>	<i>1</i>	<i>0.338</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.938</i>	<i>2</i>	<i>0.602</i>	<i>1</i>	<i>0.104</i>	<i>0</i>	<i>0.609</i>	<i>1</i>	<i>0.795</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.704</i>	<i>1</i>	<i>0.369</i>	<i>1</i>	<i>0.858</i>	<i>1</i>	<i>0.851</i>	<i>1</i>	<i>0.142</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.765</i>	<i>1</i>	<i>0.810</i>	<i>1</i>	<i>0.981</i>	<i>2</i>	<i>0.721</i>	<i>1</i>	<i>0.988</i>	<i>2</i>	<i>70</i>	<i>5250</i>	<i>5180</i>	<i>10430</i>
<i>0.577</i>	<i>1</i>	<i>0.240</i>	<i>1</i>	<i>0.713</i>	<i>1</i>	<i>0.656</i>	<i>1</i>	<i>0.996</i>	<i>2</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.889</i>	<i>1</i>	<i>0.827</i>	<i>1</i>	<i>0.766</i>	<i>1</i>	<i>0.904</i>	<i>2</i>	<i>0.618</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.273</i>	<i>1</i>	<i>0.966</i>	<i>2</i>	<i>0.455</i>	<i>1</i>	<i>0.638</i>	<i>1</i>	<i>0.693</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.797</i>	<i>1</i>	<i>0.286</i>	<i>1</i>	<i>0.000</i>	<i>0</i>	<i>0.617</i>	<i>1</i>	<i>0.820</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.894</i>	<i>1</i>	<i>0.344</i>	<i>1</i>	<i>0.404</i>	<i>1</i>	<i>0.017</i>	<i>0</i>	<i>0.512</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.215</i>	<i>1</i>	<i>0.087</i>	<i>0</i>	<i>0.367</i>	<i>1</i>	<i>0.388</i>	<i>1</i>	<i>0.293</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.372</i>	<i>1</i>	<i>0.141</i>	<i>0</i>	<i>0.694</i>	<i>1</i>	<i>0.311</i>	<i>1</i>	<i>0.438</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.062</i>	<i>0</i>	<i>0.818</i>	<i>1</i>	<i>0.351</i>	<i>1</i>	<i>0.686</i>	<i>1</i>	<i>0.071</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.346</i>	<i>1</i>	<i>0.579</i>	<i>1</i>	<i>0.505</i>	<i>1</i>	<i>0.083</i>	<i>0</i>	<i>0.832</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.561</i>	<i>1</i>	<i>0.921</i>	<i>2</i>	<i>0.574</i>	<i>1</i>	<i>0.015</i>	<i>0</i>	<i>0.880</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.733</i>	<i>1</i>	<i>0.590</i>	<i>1</i>	<i>0.489</i>	<i>1</i>	<i>0.817</i>	<i>1</i>	<i>0.163</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.681</i>	<i>1</i>	<i>0.783</i>	<i>1</i>	<i>0.254</i>	<i>1</i>	<i>0.650</i>	<i>1</i>	<i>0.377</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.851</i>	<i>1</i>	<i>0.306</i>	<i>1</i>	<i>0.590</i>	<i>1</i>	<i>0.226</i>	<i>1</i>	<i>0.973</i>	<i>2</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.038</i>	<i>0</i>	<i>0.561</i>	<i>1</i>	<i>0.748</i>	<i>1</i>	<i>0.313</i>	<i>1</i>	<i>0.400</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.039</i>	<i>0</i>	<i>0.716</i>	<i>1</i>	<i>0.290</i>	<i>1</i>	<i>0.048</i>	<i>0</i>	<i>0.364</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.123</i>	<i>0</i>	<i>0.434</i>	<i>1</i>	<i>0.525</i>	<i>1</i>	<i>0.979</i>	<i>2</i>	<i>0.417</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.174</i>	<i>0</i>	<i>0.763</i>	<i>1</i>	<i>0.112</i>	<i>0</i>	<i>0.627</i>	<i>1</i>	<i>0.152</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>1500</i>	<i>1480</i>	<i>2980</i>
<i>0.390</i>	<i>1</i>	<i>0.980</i>	<i>2</i>	<i>0.273</i>	<i>1</i>	<i>0.402</i>	<i>1</i>	<i>0.563</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.753</i>	<i>1</i>	<i>0.169</i>	<i>0</i>	<i>0.186</i>	<i>0</i>	<i>0.826</i>	<i>1</i>	<i>0.830</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.503</i>	<i>1</i>	<i>0.209</i>	<i>1</i>	<i>0.480</i>	<i>1</i>	<i>0.937</i>	<i>2</i>	<i>0.732</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.017</i>	<i>0</i>	<i>0.673</i>	<i>1</i>	<i>0.793</i>	<i>1</i>	<i>0.847</i>	<i>1</i>	<i>0.294</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.572</i>	<i>1</i>	<i>0.696</i>	<i>1</i>	<i>0.786</i>	<i>1</i>	<i>0.998</i>	<i>2</i>	<i>0.872</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.256</i>	<i>1</i>	<i>0.311</i>	<i>1</i>	<i>0.410</i>	<i>1</i>	<i>0.475</i>	<i>1</i>	<i>0.245</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.162</i>	<i>0</i>	<i>0.433</i>	<i>1</i>	<i>0.723</i>	<i>1</i>	<i>0.352</i>	<i>1</i>	<i>0.288</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.842</i>	<i>1</i>	<i>0.011</i>	<i>0</i>	<i>0.300</i>	<i>1</i>	<i>0.613</i>	<i>1</i>	<i>0.294</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.317</i>	<i>1</i>	<i>0.410</i>	<i>1</i>	<i>0.209</i>	<i>1</i>	<i>0.688</i>	<i>1</i>	<i>0.134</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.607</i>	<i>1</i>	<i>0.986</i>	<i>2</i>	<i>0.122</i>	<i>0</i>	<i>0.413</i>	<i>1</i>	<i>0.758</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.275</i>	<i>1</i>	<i>0.741</i>	<i>1</i>	<i>0.564</i>	<i>1</i>	<i>0.418</i>	<i>1</i>	<i>0.642</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.467</i>	<i>1</i>	<i>0.366</i>	<i>1</i>	<i>0.794</i>	<i>1</i>	<i>0.722</i>	<i>1</i>	<i>0.522</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.139</i>	<i>0</i>	<i>0.694</i>	<i>1</i>	<i>0.953</i>	<i>2</i>	<i>0.736</i>	<i>1</i>	<i>0.305</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.016</i>	<i>0</i>	<i>0.016</i>	<i>0</i>	<i>0.267</i>	<i>1</i>	<i>0.511</i>	<i>1</i>	<i>0.819</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.921</i>	<i>2</i>	<i>0.678</i>	<i>1</i>	<i>0.457</i>	<i>1</i>	<i>0.993</i>	<i>2</i>	<i>0.145</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.912</i>	<i>2</i>	<i>0.465</i>	<i>1</i>	<i>0.802</i>	<i>1</i>	<i>0.152</i>	<i>0</i>	<i>0.096</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.150</i>	<i>0</i>	<i>0.586</i>	<i>1</i>	<i>0.009</i>	<i>0</i>	<i>0.495</i>	<i>1</i>	<i>0.370</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.072</i>	<i>0</i>	<i>0.529</i>	<i>1</i>	<i>0.059</i>	<i>0</i>	<i>0.234</i>	<i>1</i>	<i>0.654</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>

0.295	1	0.416	1	0.856	1	0.915	2	0.124	0	50	3750	3700	7450
0.242	1	0.115	0	0.405	1	0.698	1	0.513	1	40	3000	2960	5960
0.452	1	0.328	1	0.987	2	0.113	0	0.254	1	50	3750	3700	7450
0.433	1	0.722	1	0.386	1	0.766	1	0.657	1	50	3750	3700	7450
0.211	1	0.414	1	0.367	1	0.579	1	0.760	1	50	3750	3700	7450
0.072	0	0.930	2	0.373	1	0.380	1	0.427	1	50	3750	3700	7450
0.559	1	0.641	1	0.820	1	0.474	1	0.192	0	40	3000	2960	5960
0.927	2	0.978	2	0.803	1	0.279	1	0.881	1	70	5250	5180	10430
0.174	0	0.747	1	0.480	1	0.041	0	0.584	1	30	2250	2220	4470
0.732	1	0.431	1	0.462	1	0.014	0	0.151	0	30	2250	2220	4470
0.523	1	0.655	1	0.103	0	0.843	1	0.328	1	40	3000	2960	5960
0.608	1	0.187	0	0.712	1	0.323	1	0.728	1	40	3000	2960	5960
0.753	1	0.443	1	0.200	0	0.343	1	0.721	1	40	3000	2960	5960

Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.209	1	0.863	1	0.849	1	0.200	0	0.735	1	40	3000	2960	5960
0.935	2	0.129	0	0.243	1	0.289	1	0.879	1	50	3750	3700	7450
0.205	1	0.023	0	0.610	1	0.895	1	0.298	1	40	3000	2960	5960
0.189	0	0.821	1	0.365	1	0.646	1	0.884	1	40	3000	2960	5960
0.536	1	0.802	1	0.439	1	0.711	1	0.742	1	50	3750	3700	7450
0.420	1	0.866	1	0.516	1	0.679	1	0.813	1	50	3750	3700	7450
0.575	1	0.148	0	0.353	1	0.770	1	0.595	1	40	3000	2960	5960
0.728	1	0.120	0	0.618	1	0.708	1	0.759	1	40	3000	2960	5960
0.177	0	0.024	0	0.084	0	0.554	1	0.638	1	20	1500	1480	2980
0.520	1	0.893	1	0.148	0	0.747	1	0.713	1	40	3000	2960	5960
0.080	0	0.444	1	0.800	1	0.448	1	0.658	1	40	3000	2960	5960
0.119	0	0.452	1	0.904	2	0.058	0	0.927	2	50	3750	3700	7450
0.822	1	0.460	1	0.049	0	0.115	0	0.216	1	30	2250	2220	4470
0.199	0	0.446	1	0.825	1	0.057	0	0.388	1	30	2250	2220	4470
0.911	2	0.117	0	0.231	1	0.685	1	0.382	1	50	3750	3700	7450
0.398	1	0.025	0	0.211	1	0.040	0	0.230	1	30	2250	2220	4470
0.200	1	0.010	0	0.813	1	0.798	1	0.753	1	40	3000	2960	5960
0.799	1	0.178	0	0.548	1	0.585	1	0.369	1	40	3000	2960	5960
0.136	0	0.928	2	0.204	1	0.109	0	0.869	1	40	3000	2960	5960
0.731	1	0.982	2	0.340	1	0.263	1	0.953	2	70	5250	5180	10430
0.603	1	0.135	0	0.168	0	0.638	1	0.993	2	40	3000	2960	5960
0.589	1	0.008	0	0.137	0	0.213	1	0.597	1	30	2250	2220	4470
0.852	1	0.926	2	0.293	1	0.524	1	0.308	1	60	4500	4440	8940
0.317	1	0.591	1	0.182	0	0.843	1	0.113	0	30	2250	2220	4470
0.440	1	0.793	1	0.868	1	0.246	1	0.398	1	50	3750	3700	7450
0.518	1	0.455	1	0.669	1	0.297	1	0.662	1	50	3750	3700	7450
0.382	1	0.473	1	0.892	1	0.680	1	0.801	1	50	3750	3700	7450

0.768	1	0.851	1	0.510	1	0.166	0	0.499	1	40	3000	2960	5960
0.668	1	0.611	1	0.741	1	0.488	1	0.701	1	50	3750	3700	7450
0.519	1	0.104	0	0.945	2	0.579	1	0.932	2	60	4500	4440	8940
0.029	0	0.932	2	0.628	1	0.274	1	0.143	0	40	3000	2960	5960
0.592	1	0.888	1	0.596	1	0.129	0	0.467	1	40	3000	2960	5960
0.712	1	0.060	0	0.827	1	0.749	1	0.022	0	30	2250	2220	4470
0.500	1	0.728	1	0.653	1	0.154	0	0.535	1	40	3000	2960	5960
0.799	1	0.271	1	0.282	1	0.033	0	0.150	0	30	2250	2220	4470
0.725	1	0.839	1	0.965	2	0.246	1	0.108	0	50	3750	3700	7450
0.746	1	0.663	1	0.038	0	0.061	0	0.712	1	30	2250	2220	4470
0.199	0	0.125	0	0.660	1	0.258	1	0.439	1	30	2250	2220	4470
0.942	2	0.842	1	0.808	1	0.790	1	0.520	1	60	4500	4440	8940
0.993	2	0.501	1	0.076	0	0.873	1	0.359	1	50	3750	3700	7450
0.351	1	0.704	1	0.754	1	0.307	1	0.099	0	40	3000	2960	5960
0.584	1	0.164	0	0.812	1	0.999	2	0.900	2	60	4500	4440	8940
0.073	0	0.691	1	0.525	1	0.209	1	0.624	1	40	3000	2960	5960
0.385	1	0.891	1	0.593	1	0.849	1	0.664	1	50	3750	3700	7450
0.043	0	0.635	1	0.024	0	0.277	1	0.057	0	20	1500	1480	2980
0.436	1	0.710	1	0.312	1	0.707	1	0.179	0	40	3000	2960	5960
0.568	1	0.985	2	0.793	1	0.443	1	0.561	1	60	4500	4440	8940
0.038	0	0.206	1	0.871	1	0.094	0	0.676	1	30	2250	2220	4470
0.370	1	0.700	1	0.698	1	0.512	1	0.061	0	40	3000	2960	5960
0.019	0	0.939	2	0.919	2	0.472	1	0.210	1	60	4500	4440	8940
0.171	0	0.364	1	0.437	1	0.246	1	0.298	1	40	3000	2960	5960
0.809	1	0.907	2	0.792	1	0.511	1	0.475	1	60	4500	4440	8940

<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>										
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>		
0.304	1	0.452	1	0.137	0	0.072	0	0.555	1	30	2250	2220	4470		
0.794	1	0.836	1	0.028	0	0.141	0	0.494	1	30	2250	2220	4470		
0.069	0	0.220	1	0.744	1	0.684	1	0.130	0	30	2250	2220	4470		
0.357	1	0.133	0	0.639	1	0.269	1	0.670	1	40	3000	2960	5960		
0.656	1	0.277	1	0.743	1	0.229	1	0.821	1	50	3750	3700	7450		
0.529	1	0.710	1	0.138	0	0.422	1	0.664	1	40	3000	2960	5960		
0.680	1	0.640	1	0.926	2	0.020	0	0.179	0	40	3000	2960	5960		
0.846	1	0.515	1	0.153	0	0.491	1	0.391	1	40	3000	2960	5960		
0.223	1	0.035	0	0.559	1	0.316	1	0.872	1	40	3000	2960	5960		
0.182	0	0.644	1	0.579	1	0.091	0	0.034	0	20	1500	1480	2980		
0.504	1	0.488	1	0.996	2	0.804	1	0.776	1	60	4500	4440	8940		
0.126	0	0.949	2	0.359	1	0.114	0	0.050	0	30	2250	2220	4470		
0.934	2	0.484	1	0.702	1	0.547	1	0.925	2	70	5250	5180	10430		
0.550	1	0.243	1	0.705	1	0.259	1	0.847	1	50	3750	3700	7450		
0.861	1	0.753	1	0.610	1	0.849	1	0.675	1	50	3750	3700	7450		

0.369	1	0.886	1	0.260	1	0.646	1	0.162	0	40	3000	2960	5960
0.025	0	0.126	0	0.165	0	0.568	1	0.328	1	20	1500	1480	2980
0.730	1	0.468	1	0.637	1	0.580	1	0.570	1	50	3750	3700	7450
0.445	1	0.051	0	0.757	1	0.542	1	0.210	1	40	3000	2960	5960
0.806	1	0.023	0	0.964	2	0.414	1	0.148	0	40	3000	2960	5960
0.088	0	0.055	0	0.545	1	0.241	1	0.630	1	30	2250	2220	4470
0.672	1	0.767	1	0.211	1	0.490	1	0.899	1	50	3750	3700	7450
0.914	2	0.105	0	0.484	1	0.762	1	0.899	1	50	3750	3700	7450
0.643	1	0.296	1	0.013	0	0.063	0	0.466	1	30	2250	2220	4470
0.244	1	0.584	1	0.471	1	0.899	1	0.013	0	40	3000	2960	5960
0.657	1	0.966	2	0.910	2	0.733	1	0.811	1	70	5250	5180	10430
0.723	1	0.001	0	0.112	0	0.711	1	0.308	1	30	2250	2220	4470
0.198	0	0.602	1	0.577	1	0.806	1	0.478	1	40	3000	2960	5960
0.702	1	0.108	0	0.755	1	0.890	1	0.873	1	40	3000	2960	5960
0.729	1	0.779	1	0.486	1	0.404	1	0.961	2	60	4500	4440	8940
0.038	0	0.497	1	0.637	1	0.846	1	0.909	2	50	3750	3700	7450
0.201	1	0.044	0	0.840	1	0.985	2	0.796	1	50	3750	3700	7450
0.536	1	0.458	1	0.752	1	0.435	1	0.625	1	50	3750	3700	7450
0.852	1	0.861	1	0.350	1	0.684	1	0.721	1	50	3750	3700	7450
0.637	1	0.129	0	0.603	1	0.073	0	0.658	1	30	2250	2220	4470
0.265	1	0.813	1	0.430	1	0.852	1	0.080	0	40	3000	2960	5960
0.819	1	0.941	2	0.250	1	0.779	1	0.952	2	70	5250	5180	10430
0.346	1	0.011	0	0.491	1	0.415	1	0.917	2	50	3750	3700	7450
0.413	1	0.578	1	0.417	1	0.954	2	0.173	0	50	3750	3700	7450
0.151	0	0.190	0	0.287	1	0.962	2	0.446	1	40	3000	2960	5960
0.866	1	0.694	1	0.234	1	0.034	0	0.300	1	40	3000	2960	5960
0.163	0	0.633	1	0.370	1	0.275	1	0.256	1	40	3000	2960	5960
0.008	0	0.403	1	0.264	1	0.899	1	0.093	0	30	2250	2220	4470
0.830	1	0.800	1	0.594	1	0.703	1	0.102	0	40	3000	2960	5960
0.686	1	0.431	1	0.530	1	0.493	1	0.321	1	50	3750	3700	7450
0.779	1	0.060	0	0.331	1	0.930	2	0.239	1	50	3750	3700	7450
0.008	0	0.333	1	0.769	1	0.744	1	0.590	1	40	3000	2960	5960
0.007	0	0.475	1	0.533	1	0.970	2	0.677	1	50	3750	3700	7450
0.386	1	0.899	1	0.285	1	0.836	1	0.616	1	50	3750	3700	7450
0.933	2	0.653	1	0.510	1	0.806	1	0.398	1	60	4500	4440	8940
0.388	1	0.001	0	0.819	1	0.202	1	0.474	1	40	3000	2960	5960
0.864	1	0.707	1	0.822	1	0.602	1	0.182	0	40	3000	2960	5960

<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.291	1	0.155	0	0.616	1	0.010	0	0.768	1	30	2250	2220	4470
0.886	1	0.476	1	0.774	1	0.679	1	0.445	1	50	3750	3700	7450
0.551	1	0.932	2	0.267	1	0.906	2	0.069	0	60	4500	4440	8940

0.530	1	0.174	0	0.921	2	0.416	1	0.762	1	50	3750	3700	7450
0.476	1	0.598	1	0.303	1	0.189	0	0.650	1	40	3000	2960	5960
0.223	1	0.418	1	0.967	2	0.784	1	0.428	1	60	4500	4440	8940
0.255	1	0.001	0	0.105	0	0.344	1	0.808	1	30	2250	2220	4470
0.635	1	0.568	1	0.881	1	0.966	2	0.517	1	60	4500	4440	8940
0.740	1	0.851	1	0.616	1	0.367	1	0.421	1	50	3750	3700	7450
0.456	1	0.243	1	0.391	1	0.384	1	0.113	0	40	3000	2960	5960
0.836	1	0.586	1	0.315	1	0.255	1	0.935	2	60	4500	4440	8940
0.185	0	0.146	0	0.891	1	0.676	1	0.318	1	30	2250	2220	4470
0.320	1	0.145	0	0.043	0	0.670	1	0.929	2	40	3000	2960	5960
0.318	1	0.170	0	0.899	1	0.808	1	0.059	0	30	2250	2220	4470
0.249	1	0.703	1	0.899	1	0.603	1	0.044	0	40	3000	2960	5960
0.694	1	0.639	1	0.712	1	0.412	1	0.285	1	50	3750	3700	7450
0.934	2	0.567	1	0.803	1	0.261	1	0.924	2	70	5250	5180	10430
0.243	1	0.063	0	0.373	1	0.220	1	0.995	2	50	3750	3700	7450
0.566	1	0.094	0	0.226	1	0.894	1	0.517	1	40	3000	2960	5960
0.034	0	0.881	1	0.577	1	0.864	1	0.722	1	40	3000	2960	5960
0.210	1	0.021	0	0.031	0	0.193	0	0.528	1	20	1500	1480	2980
0.683	1	0.635	1	0.446	1	0.459	1	0.739	1	50	3750	3700	7450
0.346	1	0.350	1	0.445	1	0.767	1	0.467	1	50	3750	3700	7450
0.670	1	0.411	1	0.265	1	0.559	1	0.143	0	40	3000	2960	5960
0.195	0	0.501	1	0.889	1	0.710	1	0.355	1	40	3000	2960	5960
0.104	0	0.987	2	0.830	1	0.441	1	0.233	1	50	3750	3700	7450
0.776	1	0.215	1	0.673	1	0.828	1	0.003	0	40	3000	2960	5960
0.249	1	0.496	1	0.056	0	0.722	1	0.429	1	40	3000	2960	5960
0.783	1	0.218	1	0.701	1	0.172	0	0.439	1	40	3000	2960	5960
0.653	1	0.520	1	0.639	1	0.899	1	0.335	1	50	3750	3700	7450
0.309	1	0.653	1	0.830	1	0.771	1	0.442	1	50	3750	3700	7450
0.785	1	0.527	1	0.265	1	0.091	0	0.979	2	50	3750	3700	7450
0.396	1	0.622	1	0.531	1	0.845	1	0.148	0	40	3000	2960	5960
0.763	1	0.573	1	0.012	0	0.194	0	0.746	1	30	2250	2220	4470
0.905	2	0.783	1	0.875	1	0.477	1	0.199	0	50	3750	3700	7450
0.324	1	0.026	0	0.913	2	0.981	2	0.576	1	60	4500	4440	8940
0.003	0	0.024	0	0.660	1	0.059	0	0.602	1	20	1500	1480	2980
0.587	1	0.112	0	0.692	1	0.786	1	0.116	0	30	2250	2220	4470
0.901	2	0.767	1	0.437	1	0.643	1	0.026	0	50	3750	3700	7450
0.698	1	0.840	1	0.121	0	0.218	1	0.819	1	40	3000	2960	5960
0.917	2	0.241	1	0.870	1	0.673	1	0.411	1	60	4500	4440	8940
0.934	2	0.316	1	0.436	1	0.440	1	0.121	0	50	3750	3700	7450
0.705	1	0.717	1	0.300	1	0.620	1	0.427	1	50	3750	3700	7450
0.195	0	0.753	1	0.680	1	0.185	0	0.432	1	30	2250	2220	4470
0.880	1	0.047	0	0.598	1	0.263	1	0.176	0	30	2250	2220	4470

0.025	0	0.586	1	0.328	1	0.817	1	0.294	1	40	3000	2960	5960
0.836	1	0.209	1	0.459	1	0.487	1	0.356	1	50	3750	3700	7450
0.681	1	0.475	1	0.512	1	0.444	1	0.826	1	50	3750	3700	7450
0.139	0	0.950	2	0.060	0	0.280	1	0.745	1	40	3000	2960	5960
0.314	1	0.612	1	0.386	1	0.528	1	0.330	1	50	3750	3700	7450
0.992	2	0.374	1	0.276	1	0.382	1	0.835	1	60	4500	4440	8940
0.501	1	0.826	1	0.856	1	0.008	0	0.801	1	40	3000	2960	5960
<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.576	1	0.083	0	0.486	1	0.678	1	0.804	1	40	3000	2960	5960
0.194	0	0.569	1	0.790	1	0.928	2	0.003	0	40	3000	2960	5960
0.108	0	0.794	1	0.171	0	0.645	1	0.983	2	40	3000	2960	5960
0.482	1	0.428	1	0.839	1	0.224	1	0.916	2	60	4500	4440	8940
0.791	1	0.854	1	0.221	1	0.430	1	0.649	1	50	3750	3700	7450
0.128	0	0.931	2	0.386	1	0.361	1	0.817	1	50	3750	3700	7450
0.674	1	0.002	0	0.983	2	0.816	1	0.988	2	60	4500	4440	8940
0.788	1	0.912	2	0.695	1	0.671	1	0.119	0	50	3750	3700	7450
0.718	1	0.572	1	0.462	1	0.450	1	0.551	1	50	3750	3700	7450
0.165	0	0.301	1	0.841	1	0.794	1	0.387	1	40	3000	2960	5960
0.356	1	0.429	1	0.340	1	0.478	1	0.224	1	50	3750	3700	7450
0.279	1	0.000	0	0.377	1	0.175	0	0.061	0	20	1500	1480	2980
0.560	1	0.140	0	0.965	2	0.695	1	0.079	0	40	3000	2960	5960
0.745	1	0.213	1	0.385	1	0.347	1	0.344	1	50	3750	3700	7450
0.878	1	0.956	2	0.035	0	0.197	0	0.567	1	40	3000	2960	5960
0.724	1	0.717	1	0.569	1	0.388	1	0.299	1	50	3750	3700	7450
0.254	1	0.238	1	0.820	1	0.109	0	0.959	2	50	3750	3700	7450
0.558	1	0.706	1	0.954	2	0.460	1	0.322	1	60	4500	4440	8940
0.631	1	0.866	1	0.462	1	0.372	1	0.781	1	50	3750	3700	7450
0.065	0	0.002	0	0.823	1	0.720	1	0.752	1	30	2250	2220	4470
0.253	1	0.433	1	0.112	0	0.420	1	0.228	1	40	3000	2960	5960
0.559	1	0.465	1	0.405	1	0.133	0	0.107	0	30	2250	2220	4470
0.940	2	0.051	0	0.677	1	0.388	1	0.132	0	40	3000	2960	5960
0.058	0	0.189	0	0.886	1	0.018	0	0.242	1	20	1500	1480	2980
0.740	1	0.333	1	0.050	0	0.150	0	0.825	1	30	2250	2220	4470
0.500	1	0.134	0	0.147	0	0.327	1	0.906	2	40	3000	2960	5960
0.665	1	0.311	1	0.145	0	0.421	1	0.573	1	40	3000	2960	5960
0.574	1	0.785	1	0.491	1	0.547	1	0.098	0	40	3000	2960	5960
0.317	1	0.066	0	0.471	1	0.497	1	0.540	1	40	3000	2960	5960
0.563	1	0.521	1	0.927	2	0.873	1	0.743	1	60	4500	4440	8940
0.715	1	0.278	1	0.620	1	0.667	1	0.565	1	50	3750	3700	7450
0.885	1	0.188	0	0.133	0	0.626	1	0.337	1	30	2250	2220	4470
0.703	1	0.067	0	0.185	0	0.496	1	0.293	1	30	2250	2220	4470

0.597	1	0.266	1	0.553	1	0.172	0	0.399	1	40	3000	2960	5960
0.708	1	0.274	1	0.405	1	0.760	1	0.612	1	50	3750	3700	7450
0.792	1	0.019	0	0.228	1	0.528	1	0.130	0	30	2250	2220	4470
0.590	1	0.886	1	0.783	1	0.084	0	0.089	0	30	2250	2220	4470
0.858	1	0.767	1	0.079	0	0.164	0	0.290	1	30	2250	2220	4470
0.503	1	0.380	1	0.276	1	0.270	1	0.934	2	60	4500	4440	8940
0.749	1	0.918	2	0.281	1	0.349	1	0.015	0	50	3750	3700	7450
0.553	1	0.003	0	0.883	1	0.980	2	0.656	1	50	3750	3700	7450
0.773	1	0.982	2	0.948	2	0.675	1	0.972	2	80	6000	5920	11920
0.051	0	0.144	0	0.505	1	0.396	1	0.731	1	30	2250	2220	4470
0.874	1	0.186	0	0.400	1	0.729	1	0.796	1	40	3000	2960	5960
0.318	1	0.455	1	0.003	0	0.865	1	0.199	0	30	2250	2220	4470
0.608	1	0.780	1	0.859	1	0.015	0	0.997	2	50	3750	3700	7450
0.992	2	0.569	1	0.348	1	0.386	1	0.061	0	50	3750	3700	7450
0.313	1	0.132	0	0.561	1	0.122	0	0.941	2	40	3000	2960	5960
0.880	1	0.203	1	0.010	0	0.459	1	0.191	0	30	2250	2220	4470
0.794	1	0.157	0	0.621	1	0.311	1	0.861	1	40	3000	2960	5960
0.366	1	0.784	1	0.859	1	0.361	1	0.312	1	50	3750	3700	7450
0.269	1	0.416	1	0.582	1	0.408	1	0.006	0	40	3000	2960	5960
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.521	1	0.505	1	0.366	1	0.849	1	0.739	1	50	3750	3700	7450
0.160	0	0.273	1	0.846	1	0.925	2	0.395	1	50	3750	3700	7450
0.825	1	0.538	1	0.097	0	0.293	1	0.929	2	50	3750	3700	7450
0.223	1	0.518	1	0.367	1	0.626	1	0.675	1	50	3750	3700	7450
0.595	1	0.873	1	0.335	1	0.298	1	0.888	1	50	3750	3700	7450
0.261	1	0.066	0	0.197	0	0.708	1	0.818	1	30	2250	2220	4470
0.769	1	0.145	0	0.739	1	0.039	0	0.238	1	30	2250	2220	4470
0.801	1	0.279	1	0.192	0	0.120	0	0.718	1	30	2250	2220	4470
0.950	2	0.989	2	0.956	2	0.870	1	0.024	0	70	5250	5180	10430
0.238	1	0.123	0	0.098	0	0.738	1	0.437	1	30	2250	2220	4470
0.015	0	0.486	1	0.488	1	0.988	2	0.682	1	50	3750	3700	7450
0.820	1	0.667	1	0.117	0	0.452	1	0.732	1	40	3000	2960	5960
0.377	1	0.444	1	0.615	1	0.541	1	0.560	1	50	3750	3700	7450
0.698	1	0.874	1	0.120	0	0.458	1	0.486	1	40	3000	2960	5960
0.832	1	0.132	0	0.867	1	0.331	1	0.499	1	40	3000	2960	5960
0.361	1	0.310	1	0.987	2	0.682	1	0.327	1	60	4500	4440	8940
0.835	1	0.104	0	0.378	1	0.998	2	0.925	2	60	4500	4440	8940
0.456	1	0.008	0	0.821	1	0.342	1	0.860	1	40	3000	2960	5960
0.260	1	0.217	1	0.086	0	0.092	0	0.085	0	20	1500	1480	2980
0.380	1	0.025	0	0.532	1	0.079	0	0.808	1	30	2250	2220	4470
0.914	2	0.718	1	0.956	2	0.859	1	0.772	1	70	5250	5180	10430

0.761	1	0.749	1	0.927	2	0.564	1	0.030	0	50	3750	3700	7450
0.508	1	0.504	1	0.168	0	0.624	1	0.649	1	40	3000	2960	5960
0.261	1	0.559	1	0.175	0	0.637	1	0.733	1	40	3000	2960	5960
0.267	1	0.042	0	0.548	1	0.253	1	0.736	1	40	3000	2960	5960
0.335	1	0.449	1	0.158	0	0.452	1	0.494	1	40	3000	2960	5960
0.781	1	0.219	1	0.758	1	0.643	1	0.081	0	40	3000	2960	5960
0.001	0	0.561	1	0.003	0	0.958	2	0.820	1	40	3000	2960	5960
0.765	1	0.600	1	0.926	2	0.581	1	0.309	1	60	4500	4440	8940
0.050	0	0.225	1	0.845	1	0.270	1	0.206	1	40	3000	2960	5960
0.847	1	0.663	1	0.660	1	0.801	1	0.631	1	50	3750	3700	7450
0.796	1	0.940	2	0.848	1	0.038	0	0.664	1	50	3750	3700	7450
0.204	1	0.196	0	0.543	1	0.993	2	0.040	0	40	3000	2960	5960
0.097	0	0.968	2	0.067	0	0.320	1	0.835	1	40	3000	2960	5960
0.996	2	0.981	2	0.774	1	0.635	1	0.463	1	70	5250	5180	10430
0.206	1	0.259	1	0.853	1	0.031	0	0.583	1	40	3000	2960	5960
0.690	1	0.627	1	0.756	1	0.483	1	0.585	1	50	3750	3700	7450
0.713	1	0.665	1	0.141	0	0.852	1	0.251	1	40	3000	2960	5960
0.747	1	0.684	1	0.679	1	0.491	1	0.398	1	50	3750	3700	7450
0.045	0	0.031	0	0.532	1	0.830	1	0.222	1	30	2250	2220	4470
0.575	1	0.996	2	0.869	1	0.162	0	0.684	1	50	3750	3700	7450
0.312	1	0.265	1	0.936	2	0.902	2	0.267	1	70	5250	5180	10430
0.361	1	0.612	1	0.023	0	0.343	1	0.934	2	50	3750	3700	7450
0.463	1	0.892	1	0.439	1	0.648	1	0.628	1	50	3750	3700	7450
0.793	1	0.582	1	0.809	1	0.772	1	0.696	1	50	3750	3700	7450
0.102	0	0.523	1	0.750	1	0.625	1	0.699	1	40	3000	2960	5960
0.180	0	0.922	2	0.916	2	0.007	0	0.061	0	40	3000	2960	5960
0.195	0	0.633	1	0.201	1	0.558	1	0.145	0	30	2250	2220	4470
0.861	1	0.520	1	0.711	1	0.591	1	0.166	0	40	3000	2960	5960
0.001	0	0.319	1	0.579	1	0.896	1	0.694	1	40	3000	2960	5960
0.267	1	0.296	1	0.513	1	0.426	1	0.827	1	50	3750	3700	7450
0.172	0	0.883	1	0.904	2	0.004	0	0.689	1	40	3000	2960	5960
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.825	1	0.901	2	0.740	1	0.999	2	0.562	1	70	5250	5180	10430
0.582	1	0.489	1	0.279	1	0.552	1	0.319	1	50	3750	3700	7450
0.311	1	0.492	1	0.249	1	0.115	0	0.891	1	40	3000	2960	5960
0.818	1	0.180	0	0.910	2	0.321	1	0.303	1	50	3750	3700	7450
0.780	1	0.446	1	0.419	1	0.884	1	0.835	1	50	3750	3700	7450
0.452	1	0.918	2	0.286	1	0.995	2	0.551	1	70	5250	5180	10430
0.438	1	0.568	1	0.581	1	0.722	1	0.697	1	50	3750	3700	7450
0.889	1	0.441	1	0.421	1	0.857	1	0.946	2	60	4500	4440	8940
0.556	1	0.547	1	0.261	1	0.119	0	0.767	1	40	3000	2960	5960

0.590	1	0.895	1	0.958	2	0.390	1	0.536	1	60	4500	4440	8940
0.721	1	0.543	1	0.697	1	0.114	0	0.617	1	40	3000	2960	5960
0.142	0	0.110	0	0.676	1	0.514	1	0.014	0	20	1500	1480	2980
0.753	1	0.339	1	0.167	0	0.943	2	0.780	1	50	3750	3700	7450
0.813	1	0.629	1	0.982	2	0.831	1	0.582	1	60	4500	4440	8940
0.278	1	0.088	0	0.189	0	0.893	1	0.675	1	30	2250	2220	4470
0.446	1	0.647	1	0.044	0	0.776	1	0.529	1	40	3000	2960	5960
0.400	1	0.509	1	0.516	1	0.052	0	0.685	1	40	3000	2960	5960
0.967	2	0.592	1	0.156	0	0.117	0	0.632	1	40	3000	2960	5960
0.643	1	0.032	0	0.548	1	0.582	1	0.843	1	40	3000	2960	5960
0.607	1	0.772	1	0.694	1	0.486	1	0.396	1	50	3750	3700	7450
0.931	2	0.525	1	0.464	1	0.041	0	0.945	2	60	4500	4440	8940
0.061	0	0.512	1	0.844	1	0.795	1	0.264	1	40	3000	2960	5960
0.106	0	0.427	1	0.684	1	0.417	1	0.296	1	40	3000	2960	5960
0.083	0	0.736	1	0.481	1	0.709	1	0.200	0	30	2250	2220	4470
0.261	1	0.872	1	0.372	1	0.913	2	0.369	1	60	4500	4440	8940
0.031	0	0.644	1	0.555	1	0.845	1	0.402	1	40	3000	2960	5960
0.410	1	0.300	1	0.012	0	0.300	1	0.380	1	40	3000	2960	5960
0.976	2	0.684	1	0.225	1	0.874	1	0.640	1	60	4500	4440	8940
0.284	1	0.078	0	0.219	1	0.055	0	0.171	0	20	1500	1480	2980
0.442	1	0.806	1	0.671	1	0.651	1	0.091	0	40	3000	2960	5960
0.234	1	0.756	1	0.601	1	0.117	0	0.951	2	50	3750	3700	7450
0.563	1	0.300	1	0.643	1	0.216	1	0.065	0	40	3000	2960	5960
0.427	1	0.738	1	0.546	1	0.345	1	0.841	1	50	3750	3700	7450
0.555	1	0.371	1	0.291	1	0.812	1	0.951	2	60	4500	4440	8940
0.043	0	0.770	1	0.466	1	0.018	0	0.140	0	20	1500	1480	2980
0.900	2	0.018	0	0.369	1	0.300	1	0.435	1	50	3750	3700	7450
0.996	2	0.943	2	0.350	1	0.158	0	0.503	1	60	4500	4440	8940
0.620	1	0.156	0	0.193	0	0.080	0	0.755	1	20	1500	1480	2980
0.113	0	0.890	1	0.660	1	0.196	0	0.866	1	30	2250	2220	4470
0.539	1	0.956	2	0.508	1	0.431	1	0.154	0	50	3750	3700	7450
0.195	0	0.004	0	0.295	1	0.106	0	0.452	1	20	1500	1480	2980
0.842	1	0.877	1	0.053	0	0.947	2	0.618	1	50	3750	3700	7450
0.112	0	0.609	1	0.825	1	0.923	2	0.656	1	50	3750	3700	7450
0.756	1	0.665	1	0.590	1	0.344	1	0.070	0	40	3000	2960	5960
0.914	2	0.236	1	0.710	1	0.722	1	0.091	0	50	3750	3700	7450
0.619	1	0.824	1	0.111	0	0.402	1	0.558	1	40	3000	2960	5960
0.348	1	0.353	1	0.661	1	0.002	0	0.552	1	40	3000	2960	5960
0.360	1	0.926	2	0.012	0	0.006	0	0.710	1	40	3000	2960	5960
0.352	1	0.948	2	0.738	1	0.965	2	0.618	1	70	5250	5180	10430
0.792	1	0.802	1	0.204	1	0.036	0	0.526	1	40	3000	2960	5960
0.725	1	0.359	1	0.489	1	0.989	2	0.661	1	60	4500	4440	8940

0.164	0	0.626	1	0.546	1	0.477	1	0.496	1	40	3000	2960	5960
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Annual
0.770	1	0.270	1	0.866	1	0.650	1	0.958	2	60	4500	4440	8940
0.002	0	0.754	1	0.934	2	0.121	0	0.866	1	40	3000	2960	5960
0.692	1	0.384	1	0.698	1	0.123	0	0.367	1	40	3000	2960	5960
0.103	0	0.393	1	0.407	1	0.458	1	0.341	1	40	3000	2960	5960
0.522	1	0.436	1	0.159	0	0.192	0	0.099	0	20	1500	1480	2980
0.581	1	0.704	1	0.361	1	0.075	0	0.595	1	40	3000	2960	5960
0.667	1	0.370	1	0.439	1	0.349	1	0.139	0	40	3000	2960	5960
0.485	1	0.854	1	0.469	1	0.407	1	0.306	1	50	3750	3700	7450
0.566	1	0.309	1	0.051	0	0.622	1	0.063	0	30	2250	2220	4470
0.819	1	0.223	1	0.847	1	0.512	1	0.139	0	40	3000	2960	5960
0.196	0	0.151	0	0.269	1	0.647	1	0.366	1	30	2250	2220	4470
0.555	1	0.289	1	0.942	2	0.263	1	0.307	1	60	4500	4440	8940
0.356	1	0.741	1	0.219	1	0.715	1	0.026	0	40	3000	2960	5960
0.758	1	0.157	0	0.910	2	0.349	1	0.405	1	50	3750	3700	7450
0.884	1	0.598	1	0.556	1	0.609	1	0.963	2	60	4500	4440	8940
0.176	0	0.521	1	0.397	1	0.203	1	0.801	1	40	3000	2960	5960
0.723	1	0.173	0	0.376	1	0.004	0	0.301	1	30	2250	2220	4470
0.586	1	0.267	1	0.817	1	0.992	2	0.240	1	60	4500	4440	8940
0.009	0	0.845	1	0.503	1	0.805	1	0.233	1	40	3000	2960	5960
0.490	1	0.624	1	0.089	0	0.951	2	0.777	1	50	3750	3700	7450
0.593	1	0.622	1	0.162	0	0.992	2	0.867	1	50	3750	3700	7450
0.237	1	0.273	1	0.604	1	0.871	1	0.103	0	40	3000	2960	5960
0.799	1	0.351	1	0.485	1	0.456	1	0.141	0	40	3000	2960	5960
0.764	1	0.925	2	0.412	1	0.396	1	0.934	2	70	5250	5180	10430
0.051	0	0.862	1	0.569	1	0.324	1	0.018	0	30	2250	2220	4470
0.517	1	0.830	1	0.814	1	0.491	1	0.179	0	40	3000	2960	5960
0.685	1	0.272	1	0.844	1	0.850	1	0.653	1	50	3750	3700	7450
0.962	2	0.359	1	0.258	1	0.771	1	0.497	1	60	4500	4440	8940
0.898	1	0.923	2	0.405	1	0.950	2	0.012	0	60	4500	4440	8940
0.061	0	0.329	1	0.847	1	0.756	1	0.682	1	40	3000	2960	5960
0.802	1	0.073	0	0.439	1	0.314	1	0.260	1	40	3000	2960	5960
0.766	1	0.801	1	0.110	0	0.431	1	0.521	1	40	3000	2960	5960
0.202	1	0.914	2	0.663	1	0.864	1	0.976	2	70	5250	5180	10430
0.156	0	0.337	1	0.898	1	0.385	1	0.003	0	30	2250	2220	4470
0.383	1	0.951	2	0.965	2	0.699	1	0.183	0	60	4500	4440	8940
0.771	1	0.462	1	0.789	1	0.997	2	0.865	1	60	4500	4440	8940
0.493	1	0.175	0	0.954	2	0.270	1	0.341	1	50	3750	3700	7450
0.240	1	0.105	0	0.586	1	0.329	1	0.129	0	30	2250	2220	4470
0.406	1	0.931	2	0.913	2	0.819	1	0.273	1	70	5250	5180	10430

0.790	1	0.907	2	0.250	1	0.357	1	0.427	1	60	4500	4440	8940
0.998	2	0.038	0	0.323	1	0.957	2	0.673	1	60	4500	4440	8940
0.532	1	0.607	1	0.298	1	0.974	2	0.660	1	60	4500	4440	8940
0.041	0	0.093	0	0.638	1	0.572	1	0.210	1	30	2250	2220	4470
0.411	1	0.015	0	0.495	1	0.658	1	0.839	1	40	3000	2960	5960
0.634	1	0.600	1	0.434	1	0.934	2	0.875	1	60	4500	4440	8940
0.539	1	0.903	2	0.854	1	0.435	1	0.498	1	60	4500	4440	8940
0.724	1	0.719	1	0.442	1	0.587	1	0.721	1	50	3750	3700	7450
0.153	0	0.137	0	0.236	1	0.119	0	0.900	1	20	1500	1480	2980
0.469	1	0.093	0	0.569	1	0.401	1	0.342	1	40	3000	2960	5960
0.676	1	0.105	0	0.440	1	0.440	1	0.911	2	50	3750	3700	7450
0.956	2	0.385	1	0.258	1	0.803	1	0.479	1	60	4500	4440	8940
0.716	1	0.694	1	0.945	2	0.437	1	0.169	0	50	3750	3700	7450

Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.244	1	0.279	1	0.787	1	0.172	0	0.396	1	40	3000	2960	5960
0.476	1	0.130	0	0.448	1	0.873	1	0.300	1	40	3000	2960	5960
0.834	1	0.612	1	0.915	2	0.342	1	0.154	0	50	3750	3700	7450
0.029	0	0.815	1	0.395	1	0.243	1	0.849	1	40	3000	2960	5960
0.062	0	0.796	1	0.440	1	0.789	1	0.333	1	40	3000	2960	5960
0.130	0	0.866	1	0.944	2	0.770	1	0.073	0	40	3000	2960	5960
0.498	1	0.317	1	0.115	0	0.229	1	0.678	1	40	3000	2960	5960
0.331	1	0.314	1	0.004	0	0.840	1	0.599	1	40	3000	2960	5960
0.643	1	0.245	1	0.730	1	0.828	1	0.184	0	40	3000	2960	5960
0.717	1	0.024	0	0.975	2	0.341	1	0.273	1	50	3750	3700	7450
0.844	1	0.139	0	0.298	1	0.374	1	0.225	1	40	3000	2960	5960
0.371	1	0.133	0	0.242	1	0.130	0	0.426	1	30	2250	2220	4470
0.677	1	0.573	1	0.255	1	0.065	0	0.979	2	50	3750	3700	7450
0.096	0	0.001	0	0.873	1	0.892	1	0.623	1	30	2250	2220	4470
0.162	0	0.616	1	0.511	1	0.697	1	0.172	0	30	2250	2220	4470
0.098	0	0.152	0	0.474	1	0.239	1	0.701	1	30	2250	2220	4470
0.968	2	0.530	1	0.206	1	0.367	1	0.775	1	60	4500	4440	8940
0.831	1	0.523	1	0.415	1	0.942	2	0.402	1	60	4500	4440	8940
0.418	1	0.757	1	0.675	1	0.615	1	0.917	2	60	4500	4440	8940
0.328	1	0.318	1	0.960	2	0.144	0	0.496	1	50	3750	3700	7450
0.859	1	0.998	2	0.318	1	0.918	2	0.579	1	70	5250	5180	10430
0.357	1	0.389	1	0.416	1	0.331	1	0.079	0	40	3000	2960	5960
0.133	0	0.586	1	0.652	1	0.214	1	0.074	0	30	2250	2220	4470
0.806	1	0.390	1	0.988	2	0.166	0	0.678	1	50	3750	3700	7450
0.307	1	0.978	2	0.718	1	0.051	0	0.403	1	50	3750	3700	7450
0.137	0	0.428	1	0.332	1	0.236	1	0.168	0	30	2250	2220	4470
0.868	1	0.131	0	0.296	1	0.848	1	0.374	1	40	3000	2960	5960

0.715	1	0.557	1	0.850	1	0.403	1	0.578	1	50	3750	3700	7450
0.473	1	0.824	1	0.505	1	0.311	1	0.525	1	50	3750	3700	7450
0.601	1	0.999	2	0.216	1	0.663	1	0.299	1	60	4500	4440	8940
0.157	0	0.905	2	0.340	1	0.446	1	0.646	1	50	3750	3700	7450
0.474	1	0.982	2	0.869	1	0.405	1	0.957	2	70	5250	5180	10430
0.803	1	0.418	1	0.394	1	0.617	1	0.095	0	40	3000	2960	5960
0.046	0	0.804	1	0.950	2	0.228	1	0.013	0	40	3000	2960	5960
0.743	1	0.100	0	0.598	1	0.286	1	0.446	1	40	3000	2960	5960
0.808	1	0.548	1	0.087	0	0.089	0	0.404	1	30	2250	2220	4470
0.898	1	0.781	1	0.314	1	0.799	1	0.885	1	50	3750	3700	7450
0.307	1	0.858	1	0.005	0	0.007	0	0.287	1	30	2250	2220	4470
0.789	1	0.385	1	0.665	1	0.674	1	0.998	2	60	4500	4440	8940
0.024	0	0.201	1	0.398	1	0.313	1	0.795	1	40	3000	2960	5960
0.824	1	0.882	1	0.516	1	0.503	1	0.946	2	60	4500	4440	8940
0.849	1	0.864	1	0.173	0	0.880	1	0.950	2	50	3750	3700	7450
0.763	1	0.285	1	0.210	1	0.059	0	0.171	0	30	2250	2220	4470
0.054	0	0.441	1	0.036	0	0.839	1	0.712	1	30	2250	2220	4470
0.047	0	0.990	2	0.566	1	0.424	1	0.114	0	40	3000	2960	5960
0.644	1	0.949	2	0.506	1	0.332	1	0.243	1	60	4500	4440	8940
0.828	1	0.383	1	0.465	1	0.027	0	0.330	1	40	3000	2960	5960
0.074	0	0.000	0	0.043	0	0.541	1	0.515	1	20	1500	1480	2980
0.893	1	0.222	1	0.507	1	0.828	1	0.051	0	40	3000	2960	5960
0.655	1	0.406	1	0.954	2	0.302	1	0.826	1	60	4500	4440	8940
0.350	1	0.833	1	0.559	1	0.539	1	0.998	2	60	4500	4440	8940
0.377	1	0.830	1	0.445	1	0.915	2	0.544	1	60	4500	4440	8940
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.720	1	0.203	1	0.541	1	0.962	2	0.568	1	60	4500	4440	8940
0.117	0	0.435	1	0.775	1	0.167	0	0.991	2	40	3000	2960	5960
0.503	1	0.192	0	0.775	1	0.321	1	0.902	2	50	3750	3700	7450
0.744	1	0.754	1	0.439	1	0.519	1	0.005	0	40	3000	2960	5960
0.490	1	0.622	1	0.480	1	0.068	0	0.877	1	40	3000	2960	5960
0.431	1	0.628	1	0.200	1	0.417	1	0.368	1	50	3750	3700	7450
0.199	0	0.278	1	0.402	1	0.717	1	0.459	1	40	3000	2960	5960
0.496	1	0.711	1	0.985	2	0.040	0	0.195	0	40	3000	2960	5960
0.602	1	0.369	1	0.205	1	0.754	1	0.630	1	50	3750	3700	7450
0.261	1	0.449	1	0.259	1	0.109	0	0.658	1	40	3000	2960	5960
0.462	1	0.716	1	0.839	1	0.631	1	0.325	1	50	3750	3700	7450
0.265	1	0.108	0	0.518	1	0.566	1	0.702	1	40	3000	2960	5960
0.939	2	0.099	0	0.599	1	0.135	0	0.140	0	30	2250	2220	4470
0.258	1	0.848	1	0.396	1	0.750	1	0.155	0	40	3000	2960	5960
0.528	1	0.211	1	0.519	1	0.634	1	0.588	1	50	3750	3700	7450

0.333	1	0.978	2	0.665	1	0.280	1	0.343	1	60	4500	4440	8940
0.292	1	0.712	1	0.780	1	0.536	1	0.803	1	50	3750	3700	7450
0.423	1	0.139	0	0.711	1	0.893	1	0.599	1	40	3000	2960	5960
0.634	1	0.484	1	0.072	0	0.581	1	0.753	1	40	3000	2960	5960
0.043	0	0.912	2	0.421	1	0.449	1	0.769	1	50	3750	3700	7450
0.250	1	0.137	0	0.112	0	0.233	1	0.060	0	20	1500	1480	2980
0.316	1	0.633	1	0.571	1	0.094	0	0.187	0	30	2250	2220	4470
0.009	0	0.317	1	0.216	1	0.333	1	0.742	1	40	3000	2960	5960
0.880	1	0.523	1	0.693	1	0.795	1	0.844	1	50	3750	3700	7450
0.845	1	0.496	1	0.078	0	0.078	0	0.507	1	30	2250	2220	4470
0.161	0	0.924	2	0.220	1	0.566	1	0.129	0	40	3000	2960	5960
0.423	1	0.715	1	0.271	1	0.742	1	0.706	1	50	3750	3700	7450
0.304	1	0.675	1	0.320	1	0.840	1	0.521	1	50	3750	3700	7450
0.480	1	0.101	0	0.854	1	0.170	0	0.435	1	30	2250	2220	4470
0.863	1	0.331	1	0.110	0	0.535	1	0.298	1	40	3000	2960	5960
0.370	1	0.931	2	0.788	1	0.524	1	0.364	1	60	4500	4440	8940
0.489	1	0.272	1	0.611	1	0.373	1	0.196	0	40	3000	2960	5960
0.421	1	0.083	0	0.386	1	0.766	1	0.030	0	30	2250	2220	4470
0.635	1	0.972	2	0.921	2	0.671	1	0.791	1	70	5250	5180	10430
0.414	1	0.519	1	0.780	1	0.691	1	0.365	1	50	3750	3700	7450
0.785	1	0.591	1	0.079	0	0.798	1	0.259	1	40	3000	2960	5960
0.866	1	0.519	1	0.359	1	0.154	0	0.581	1	40	3000	2960	5960
0.304	1	0.818	1	0.303	1	0.347	1	0.319	1	50	3750	3700	7450
0.260	1	0.092	0	0.037	0	0.755	1	0.725	1	30	2250	2220	4470
0.396	1	0.760	1	0.918	2	0.035	0	0.045	0	40	3000	2960	5960
0.445	1	0.327	1	0.926	2	0.419	1	0.431	1	60	4500	4440	8940
0.290	1	0.516	1	0.851	1	0.920	2	0.545	1	60	4500	4440	8940
0.502	1	0.353	1	0.961	2	0.227	1	0.320	1	60	4500	4440	8940
0.885	1	0.023	0	0.537	1	0.329	1	0.751	1	40	3000	2960	5960
0.863	1	0.851	1	0.958	2	0.923	2	0.195	0	60	4500	4440	8940
0.556	1	0.813	1	0.270	1	0.763	1	0.006	0	40	3000	2960	5960
0.381	1	0.801	1	0.434	1	0.083	0	0.089	0	30	2250	2220	4470
0.925	2	0.609	1	0.623	1	0.125	0	0.573	1	50	3750	3700	7450
0.190	0	0.439	1	0.002	0	0.741	1	0.549	1	30	2250	2220	4470
0.009	0	0.933	2	0.331	1	0.048	0	0.780	1	40	3000	2960	5960
0.941	2	0.011	0	0.491	1	0.272	1	0.563	1	50	3750	3700	7450
0.168	0	0.314	1	0.080	0	0.739	1	0.630	1	30	2250	2220	4470
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.999	2	0.870	1	0.577	1	0.710	1	0.127	0	50	3750	3700	7450
0.276	1	0.080	0	0.246	1	0.101	0	0.432	1	30	2250	2220	4470
0.417	1	0.100	0	0.531	1	0.747	1	0.431	1	40	3000	2960	5960

0.675	1	0.587	1	0.546	1	0.205	1	0.575	1	50	3750	3700	7450
0.504	1	0.634	1	0.862	1	0.391	1	0.318	1	50	3750	3700	7450
0.122	0	0.570	1	0.389	1	0.798	1	0.201	1	40	3000	2960	5960
0.599	1	0.321	1	0.345	1	0.364	1	0.814	1	50	3750	3700	7450
0.975	2	0.552	1	0.110	0	0.472	1	0.472	1	50	3750	3700	7450
0.862	1	0.904	2	0.656	1	0.513	1	0.401	1	60	4500	4440	8940
0.742	1	0.164	0	0.293	1	0.525	1	0.190	0	30	2250	2220	4470
0.362	1	0.638	1	0.325	1	0.105	0	0.623	1	40	3000	2960	5960
0.160	0	0.968	2	0.085	0	0.944	2	0.016	0	40	3000	2960	5960
0.306	1	0.857	1	0.122	0	0.464	1	0.267	1	40	3000	2960	5960
0.840	1	0.289	1	0.785	1	0.688	1	0.838	1	50	3750	3700	7450
0.324	1	0.416	1	0.272	1	0.526	1	0.468	1	50	3750	3700	7450
0.394	1	0.351	1	0.503	1	0.692	1	0.813	1	50	3750	3700	7450
0.323	1	0.114	0	0.336	1	0.521	1	0.588	1	40	3000	2960	5960
0.935	2	0.366	1	0.165	0	0.068	0	0.990	2	50	3750	3700	7450
0.741	1	0.927	2	0.610	1	0.127	0	0.931	2	60	4500	4440	8940
0.430	1	0.372	1	0.849	1	0.418	1	0.256	1	50	3750	3700	7450
0.251	1	0.253	1	0.344	1	0.954	2	0.889	1	60	4500	4440	8940
0.893	1	0.432	1	0.847	1	0.541	1	0.743	1	50	3750	3700	7450
0.495	1	0.294	1	0.401	1	0.945	2	0.355	1	60	4500	4440	8940
0.901	2	0.635	1	0.151	0	0.708	1	0.998	2	60	4500	4440	8940
0.219	1	0.873	1	0.108	0	0.498	1	0.456	1	40	3000	2960	5960
0.086	0	0.474	1	0.892	1	0.799	1	0.970	2	50	3750	3700	7450
0.872	1	0.924	2	0.448	1	0.643	1	0.041	0	50	3750	3700	7450
0.663	1	0.333	1	0.403	1	0.130	0	0.934	2	50	3750	3700	7450
0.683	1	0.849	1	0.371	1	0.741	1	0.589	1	50	3750	3700	7450
0.821	1	0.655	1	0.023	0	0.456	1	0.501	1	40	3000	2960	5960
0.998	2	0.265	1	0.112	0	0.425	1	0.302	1	50	3750	3700	7450
0.033	0	0.888	1	0.707	1	0.578	1	0.703	1	40	3000	2960	5960
0.456	1	0.666	1	0.756	1	0.960	2	0.150	0	50	3750	3700	7450
0.073	0	0.163	0	0.119	0	0.978	2	0.130	0	20	1500	1480	2980
0.054	0	0.897	1	0.348	1	0.077	0	0.030	0	20	1500	1480	2980
0.274	1	0.581	1	0.337	1	0.506	1	0.074	0	40	3000	2960	5960
0.713	1	0.889	1	0.579	1	0.533	1	0.060	0	40	3000	2960	5960
0.882	1	0.906	2	0.211	1	0.587	1	0.086	0	50	3750	3700	7450
0.575	1	0.656	1	0.195	0	0.700	1	0.257	1	40	3000	2960	5960
0.945	2	0.597	1	0.558	1	0.831	1	0.358	1	60	4500	4440	8940
0.121	0	0.110	0	0.051	0	0.990	2	0.216	1	30	2250	2220	4470
0.346	1	0.403	1	0.548	1	0.439	1	0.978	2	60	4500	4440	8940
0.780	1	0.700	1	0.974	2	0.140	0	0.863	1	50	3750	3700	7450
0.473	1	0.714	1	0.718	1	0.568	1	0.117	0	40	3000	2960	5960
0.770	1	0.473	1	0.517	1	0.636	1	0.295	1	50	3750	3700	7450

0.417	1	0.273	1	0.772	1	0.782	1	0.093	0	40	3000	2960	5960
0.273	1	0.152	0	0.269	1	0.180	0	0.758	1	30	2250	2220	4470
0.107	0	0.815	1	0.237	1	0.296	1	0.376	1	40	3000	2960	5960
0.904	2	0.635	1	0.444	1	0.615	1	0.727	1	60	4500	4440	8940
0.451	1	0.498	1	0.862	1	0.539	1	0.668	1	50	3750	3700	7450
0.646	1	0.973	2	0.763	1	0.609	1	0.817	1	60	4500	4440	8940
0.260	1	0.278	1	0.405	1	0.605	1	0.333	1	50	3750	3700	7450
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.912	2	0.578	1	0.000	0	0.896	1	0.510	1	50	3750	3700	7450
0.698	1	0.291	1	0.611	1	0.152	0	0.395	1	40	3000	2960	5960
0.040	0	0.384	1	0.563	1	0.790	1	0.278	1	40	3000	2960	5960
0.941	2	0.090	0	0.931	2	0.454	1	0.692	1	60	4500	4440	8940
0.143	0	0.816	1	0.546	1	0.314	1	0.796	1	40	3000	2960	5960
0.141	0	0.049	0	0.067	0	0.468	1	0.802	1	20	1500	1480	2980
0.963	2	0.572	1	0.835	1	0.973	2	0.957	2	80	6000	5920	11920
0.224	1	0.251	1	0.280	1	0.842	1	0.264	1	50	3750	3700	7450
0.617	1	0.708	1	0.066	0	0.035	0	0.542	1	30	2250	2220	4470
0.014	0	0.469	1	0.978	2	0.844	1	0.172	0	40	3000	2960	5960
0.464	1	0.431	1	0.421	1	0.175	0	0.046	0	30	2250	2220	4470
0.597	1	0.277	1	0.979	2	0.560	1	0.888	1	60	4500	4440	8940
0.859	1	0.719	1	0.043	0	0.031	0	0.067	0	20	1500	1480	2980
0.381	1	0.954	2	0.928	2	0.463	1	0.189	0	60	4500	4440	8940
0.853	1	0.102	0	0.368	1	0.959	2	0.279	1	50	3750	3700	7450
0.150	0	0.642	1	0.157	0	0.699	1	0.763	1	30	2250	2220	4470
0.401	1	0.978	2	0.293	1	0.826	1	0.962	2	70	5250	5180	10430
0.795	1	0.013	0	0.955	2	0.313	1	0.926	2	60	4500	4440	8940
0.639	1	0.718	1	0.183	0	0.516	1	0.833	1	40	3000	2960	5960
0.429	1	0.954	2	0.937	2	0.544	1	0.799	1	70	5250	5180	10430
0.690	1	0.147	0	0.971	2	0.110	0	0.013	0	30	2250	2220	4470
0.550	1	0.901	2	0.847	1	0.883	1	0.688	1	60	4500	4440	8940
0.964	2	0.850	1	0.004	0	0.233	1	0.440	1	50	3750	3700	7450
0.355	1	0.247	1	0.527	1	0.331	1	0.712	1	50	3750	3700	7450
0.143	0	0.488	1	0.533	1	0.103	0	0.094	0	20	1500	1480	2980
0.774	1	0.451	1	0.258	1	0.455	1	0.902	2	60	4500	4440	8940
0.647	1	0.947	2	0.231	1	0.121	0	0.974	2	60	4500	4440	8940
0.372	1	0.294	1	0.922	2	0.815	1	0.510	1	60	4500	4440	8940
0.834	1	0.926	2	0.854	1	0.634	1	0.023	0	50	3750	3700	7450
0.740	1	0.475	1	0.399	1	0.203	1	0.222	1	50	3750	3700	7450
0.323	1	0.652	1	0.395	1	0.318	1	0.050	0	40	3000	2960	5960
0.161	0	0.624	1	0.198	0	0.025	0	0.138	0	10	750	740	1490
0.120	0	0.574	1	0.503	1	0.942	2	0.544	1	50	3750	3700	7450

0.730	1	0.744	1	0.430	1	0.469	1	0.343	1	50	3750	3700	7450
0.676	1	0.983	2	0.538	1	0.560	1	0.988	2	70	5250	5180	10430
0.034	0	0.581	1	0.677	1	0.654	1	0.536	1	40	3000	2960	5960
0.628	1	0.011	0	0.307	1	0.926	2	0.608	1	50	3750	3700	7450
0.679	1	0.043	0	0.245	1	0.156	0	0.426	1	30	2250	2220	4470
0.739	1	0.622	1	0.328	1	0.092	0	0.946	2	50	3750	3700	7450
0.348	1	0.916	2	0.764	1	0.028	0	0.780	1	50	3750	3700	7450
0.133	0	0.838	1	0.830	1	0.445	1	0.985	2	50	3750	3700	7450
0.155	0	0.071	0	0.714	1	0.691	1	0.846	1	30	2250	2220	4470
0.861	1	0.310	1	0.242	1	0.114	0	0.510	1	40	3000	2960	5960
0.087	0	0.324	1	0.244	1	0.721	1	0.590	1	40	3000	2960	5960
0.950	2	0.048	0	0.178	0	0.832	1	0.371	1	40	3000	2960	5960
0.591	1	0.135	0	0.644	1	0.335	1	0.838	1	40	3000	2960	5960
0.323	1	0.470	1	0.537	1	0.311	1	0.161	0	40	3000	2960	5960
0.027	0	0.320	1	0.395	1	0.132	0	0.125	0	20	1500	1480	2980
0.597	1	0.790	1	0.812	1	0.410	1	0.605	1	50	3750	3700	7450
0.664	1	0.761	1	0.035	0	0.183	0	0.776	1	30	2250	2220	4470
0.387	1	0.844	1	0.224	1	0.961	2	0.942	2	70	5250	5180	10430
0.928	2	0.126	0	0.014	0	0.284	1	0.988	2	50	3750	3700	7450

<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.144	0	0.383	1	0.205	1	0.506	1	0.532	1	40	3000	2960	5960
0.174	0	0.777	1	0.185	0	0.822	1	0.346	1	30	2250	2220	4470
0.257	1	0.660	1	0.818	1	0.897	1	0.269	1	50	3750	3700	7450
0.159	0	0.689	1	0.056	0	0.754	1	0.256	1	30	2250	2220	4470
0.660	1	0.773	1	0.120	0	0.382	1	0.353	1	40	3000	2960	5960
0.335	1	0.037	0	0.488	1	0.495	1	0.071	0	30	2250	2220	4470
0.738	1	0.223	1	0.085	0	0.217	1	0.866	1	40	3000	2960	5960
0.550	1	0.589	1	0.319	1	0.082	0	0.866	1	40	3000	2960	5960
0.449	1	0.184	0	0.845	1	0.004	0	0.516	1	30	2250	2220	4470
0.943	2	0.754	1	0.913	2	0.440	1	0.562	1	70	5250	5180	10430
0.743	1	0.784	1	0.487	1	0.352	1	0.389	1	50	3750	3700	7450
0.514	1	0.287	1	0.241	1	0.208	1	0.004	0	40	3000	2960	5960
0.169	0	0.466	1	0.186	0	0.974	2	0.851	1	40	3000	2960	5960
0.975	2	0.044	0	0.010	0	0.527	1	0.746	1	40	3000	2960	5960
0.586	1	0.458	1	0.548	1	0.494	1	0.354	1	50	3750	3700	7450
0.103	0	0.112	0	0.222	1	0.773	1	0.228	1	30	2250	2220	4470
0.156	0	0.215	1	0.339	1	0.707	1	0.256	1	40	3000	2960	5960
0.009	0	0.557	1	0.231	1	0.153	0	0.042	0	20	1500	1480	2980
0.914	2	0.507	1	0.872	1	0.178	0	0.958	2	60	4500	4440	8940
0.514	1	0.604	1	0.911	2	0.367	1	0.860	1	60	4500	4440	8940
0.704	1	0.211	1	0.322	1	0.551	1	0.011	0	40	3000	2960	5960

0.593	1	0.983	2	0.906	2	0.630	1	0.895	1	70	5250	5180	10430
0.512	1	0.535	1	0.582	1	0.540	1	0.431	1	50	3750	3700	7450
0.042	0	0.358	1	0.861	1	0.889	1	0.030	0	30	2250	2220	4470
0.054	0	0.874	1	0.900	1	0.798	1	0.413	1	40	3000	2960	5960
0.331	1	0.536	1	0.825	1	0.715	1	0.203	1	50	3750	3700	7450
0.676	1	0.182	0	0.831	1	0.719	1	0.700	1	40	3000	2960	5960
0.963	2	0.437	1	0.334	1	0.725	1	0.867	1	60	4500	4440	8940
0.505	1	0.783	1	0.791	1	0.330	1	0.706	1	50	3750	3700	7450
0.882	1	0.865	1	0.171	0	0.798	1	0.711	1	40	3000	2960	5960
0.586	1	0.441	1	0.170	0	0.026	0	0.177	0	20	1500	1480	2980
0.224	1	0.006	0	0.946	2	0.009	0	0.309	1	40	3000	2960	5960
0.385	1	0.037	0	0.400	1	0.826	1	0.091	0	30	2250	2220	4470
0.506	1	0.907	2	0.515	1	0.758	1	0.105	0	50	3750	3700	7450
0.826	1	0.343	1	0.815	1	0.190	0	0.270	1	40	3000	2960	5960
0.048	0	0.166	0	0.272	1	0.957	2	0.028	0	30	2250	2220	4470
0.705	1	0.896	1	0.331	1	0.107	0	0.657	1	40	3000	2960	5960
0.799	1	0.121	0	0.492	1	0.777	1	0.203	1	40	3000	2960	5960
0.700	1	0.040	0	0.968	2	0.124	0	0.425	1	40	3000	2960	5960
0.630	1	0.547	1	0.730	1	0.135	0	0.291	1	40	3000	2960	5960
0.498	1	0.436	1	0.776	1	0.528	1	0.552	1	50	3750	3700	7450
0.706	1	0.533	1	0.615	1	0.107	0	0.184	0	30	2250	2220	4470
0.819	1	0.251	1	0.932	2	0.156	0	0.159	0	40	3000	2960	5960
0.463	1	0.004	0	0.550	1	0.977	2	0.588	1	50	3750	3700	7450
0.565	1	0.882	1	0.944	2	0.281	1	0.103	0	50	3750	3700	7450
0.398	1	0.989	2	0.557	1	0.619	1	0.894	1	60	4500	4440	8940
0.268	1	0.460	1	0.473	1	0.959	2	0.956	2	70	5250	5180	10430
0.211	1	0.397	1	0.812	1	0.377	1	0.092	0	40	3000	2960	5960
0.315	1	0.326	1	0.865	1	0.342	1	0.888	1	50	3750	3700	7450
0.291	1	0.413	1	0.654	1	0.384	1	0.345	1	50	3750	3700	7450
0.373	1	0.327	1	0.830	1	0.493	1	0.967	2	60	4500	4440	8940
0.428	1	0.795	1	0.232	1	0.610	1	0.052	0	40	3000	2960	5960
<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
0.237	1	0.026	0	0.341	1	0.262	1	0.917	2	50	3750	3700	7450
0.485	1	0.308	1	0.798	1	0.136	0	0.843	1	40	3000	2960	5960
0.916	2	0.536	1	0.288	1	0.431	1	0.723	1	60	4500	4440	8940
0.190	0	0.123	0	0.300	1	0.213	1	0.132	0	20	1500	1480	2980
0.987	2	0.701	1	0.807	1	0.954	2	0.522	1	70	5250	5180	10430
0.828	1	0.187	0	0.540	1	0.670	1	0.617	1	40	3000	2960	5960
0.211	1	0.356	1	0.767	1	0.024	0	0.024	0	30	2250	2220	4470
0.508	1	0.355	1	0.339	1	0.839	1	0.242	1	50	3750	3700	7450
0.915	2	0.682	1	0.918	2	0.785	1	0.675	1	70	5250	5180	10430

0.049	0	0.918	2	0.567	1	0.536	1	0.156	0	40	3000	2960	5960
0.081	0	0.907	2	0.644	1	0.259	1	0.552	1	50	3750	3700	7450
0.472	1	0.325	1	0.864	1	0.241	1	0.125	0	40	3000	2960	5960
0.877	1	0.162	0	0.029	0	0.869	1	0.643	1	30	2250	2220	4470
0.007	0	0.989	2	0.938	2	0.229	1	0.895	1	60	4500	4440	8940
0.467	1	0.235	1	0.263	1	0.481	1	0.460	1	50	3750	3700	7450
0.387	1	0.118	0	0.542	1	0.018	0	0.467	1	30	2250	2220	4470
0.701	1	0.436	1	0.596	1	0.198	0	0.172	0	30	2250	2220	4470
0.693	1	0.383	1	0.032	0	0.019	0	0.308	1	30	2250	2220	4470
0.261	1	0.592	1	0.717	1	0.075	0	0.888	1	40	3000	2960	5960
0.636	1	0.482	1	0.557	1	0.666	1	0.642	1	50	3750	3700	7450
0.408	1	0.157	0	0.690	1	0.670	1	0.003	0	30	2250	2220	4470
0.623	1	0.151	0	0.883	1	0.650	1	0.500	1	40	3000	2960	5960
0.534	1	0.828	1	0.520	1	0.405	1	0.940	2	60	4500	4440	8940
0.511	1	0.040	0	0.479	1	0.531	1	0.240	1	40	3000	2960	5960
0.693	1	0.929	2	0.109	0	0.004	0	0.551	1	40	3000	2960	5960
0.187	0	0.690	1	0.451	1	0.228	1	0.507	1	40	3000	2960	5960
0.606	1	0.048	0	0.690	1	0.493	1	0.848	1	40	3000	2960	5960
0.369	1	0.402	1	0.701	1	0.941	2	0.595	1	60	4500	4440	8940
0.761	1	0.633	1	0.694	1	0.431	1	0.669	1	50	3750	3700	7450
0.230	1	0.093	0	0.528	1	0.652	1	0.560	1	40	3000	2960	5960
0.673	1	0.978	2	0.944	2	0.299	1	0.701	1	70	5250	5180	10430
0.678	1	0.228	1	0.373	1	0.400	1	0.531	1	50	3750	3700	7450
0.962	2	0.593	1	0.355	1	0.567	1	0.800	1	60	4500	4440	8940
0.598	1	0.610	1	0.232	1	0.507	1	0.355	1	50	3750	3700	7450
0.941	2	0.792	1	0.184	0	0.983	2	0.300	1	60	4500	4440	8940
0.469	1	0.021	0	0.831	1	0.935	2	0.488	1	50	3750	3700	7450
0.985	2	0.987	2	0.674	1	0.118	0	0.667	1	60	4500	4440	8940
0.600	1	0.958	2	0.406	1	0.116	0	0.288	1	50	3750	3700	7450
0.235	1	0.979	2	0.323	1	0.166	0	0.729	1	50	3750	3700	7450
0.260	1	0.174	0	0.387	1	0.720	1	0.629	1	40	3000	2960	5960
0.575	1	0.019	0	0.208	1	0.406	1	0.557	1	40	3000	2960	5960
0.234	1	0.026	0	0.602	1	0.702	1	0.141	0	30	2250	2220	4470
0.118	0	0.152	0	0.297	1	0.461	1	0.599	1	30	2250	2220	4470
0.938	2	0.724	1	0.137	0	0.668	1	0.592	1	50	3750	3700	7450
0.927	2	0.928	2	0.499	1	0.300	1	0.180	0	60	4500	4440	8940
0.569	1	0.265	1	0.224	1	0.575	1	0.053	0	40	3000	2960	5960
0.322	1	0.233	1	0.981	2	0.549	1	0.071	0	50	3750	3700	7450
0.144	0	0.977	2	0.013	0	0.653	1	0.509	1	40	3000	2960	5960
0.815	1	0.302	1	0.204	1	0.881	1	0.868	1	50	3750	3700	7450
0.084	0	0.017	0	0.622	1	0.955	2	0.570	1	40	3000	2960	5960
0.250	1	0.318	1	0.816	1	0.006	0	0.182	0	30	2250	2220	4470

<i>0.210</i>	<i>1</i>	<i>0.448</i>	<i>1</i>	<i>0.715</i>	<i>1</i>	<i>0.075</i>	<i>0</i>	<i>0.229</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>Aleatori</i>	<i>Botell</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>								
<i>o 1</i>	<i>a 1</i>	<i>o 2</i>	<i>a 2</i>	<i>o 3</i>	<i>a 3</i>	<i>o 4</i>	<i>a 4</i>	<i>o 5</i>	<i>a 5</i>	<i>Semanal</i>	<i>Semestral 1</i>	<i>Semestral 2</i>	<i>Anual</i>
<i>0.307</i>	<i>1</i>	<i>0.080</i>	<i>0</i>	<i>0.226</i>	<i>1</i>	<i>0.118</i>	<i>0</i>	<i>0.817</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.599</i>	<i>1</i>	<i>0.096</i>	<i>0</i>	<i>0.987</i>	<i>2</i>	<i>0.210</i>	<i>1</i>	<i>0.491</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.489</i>	<i>1</i>	<i>0.762</i>	<i>1</i>	<i>0.658</i>	<i>1</i>	<i>0.526</i>	<i>1</i>	<i>0.391</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.945</i>	<i>2</i>	<i>0.284</i>	<i>1</i>	<i>0.782</i>	<i>1</i>	<i>0.258</i>	<i>1</i>	<i>0.649</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.482</i>	<i>1</i>	<i>0.256</i>	<i>1</i>	<i>0.778</i>	<i>1</i>	<i>0.810</i>	<i>1</i>	<i>0.474</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.055</i>	<i>0</i>	<i>0.810</i>	<i>1</i>	<i>0.725</i>	<i>1</i>	<i>0.875</i>	<i>1</i>	<i>0.973</i>	<i>2</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.443</i>	<i>1</i>	<i>0.061</i>	<i>0</i>	<i>0.810</i>	<i>1</i>	<i>0.594</i>	<i>1</i>	<i>0.935</i>	<i>2</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.291</i>	<i>1</i>	<i>0.204</i>	<i>1</i>	<i>0.678</i>	<i>1</i>	<i>0.924</i>	<i>2</i>	<i>0.347</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.642</i>	<i>1</i>	<i>0.943</i>	<i>2</i>	<i>0.061</i>	<i>0</i>	<i>0.359</i>	<i>1</i>	<i>0.404</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.172</i>	<i>0</i>	<i>0.478</i>	<i>1</i>	<i>0.572</i>	<i>1</i>	<i>0.696</i>	<i>1</i>	<i>0.806</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.648</i>	<i>1</i>	<i>0.940</i>	<i>2</i>	<i>0.670</i>	<i>1</i>	<i>0.083</i>	<i>0</i>	<i>0.497</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.573</i>	<i>1</i>	<i>0.251</i>	<i>1</i>	<i>0.829</i>	<i>1</i>	<i>0.840</i>	<i>1</i>	<i>0.509</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.746</i>	<i>1</i>	<i>0.206</i>	<i>1</i>	<i>0.563</i>	<i>1</i>	<i>0.112</i>	<i>0</i>	<i>0.198</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.378</i>	<i>1</i>	<i>0.598</i>	<i>1</i>	<i>0.619</i>	<i>1</i>	<i>0.019</i>	<i>0</i>	<i>0.070</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.306</i>	<i>1</i>	<i>0.882</i>	<i>1</i>	<i>0.571</i>	<i>1</i>	<i>0.960</i>	<i>2</i>	<i>0.864</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.161</i>	<i>0</i>	<i>0.255</i>	<i>1</i>	<i>0.130</i>	<i>0</i>	<i>0.649</i>	<i>1</i>	<i>0.699</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.308</i>	<i>1</i>	<i>0.493</i>	<i>1</i>	<i>0.533</i>	<i>1</i>	<i>0.779</i>	<i>1</i>	<i>0.185</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.734</i>	<i>1</i>	<i>0.690</i>	<i>1</i>	<i>0.278</i>	<i>1</i>	<i>0.571</i>	<i>1</i>	<i>0.175</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.105</i>	<i>0</i>	<i>0.963</i>	<i>2</i>	<i>0.492</i>	<i>1</i>	<i>0.445</i>	<i>1</i>	<i>0.166</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.494</i>	<i>1</i>	<i>0.350</i>	<i>1</i>	<i>0.454</i>	<i>1</i>	<i>0.986</i>	<i>2</i>	<i>0.020</i>	<i>0</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.282</i>	<i>1</i>	<i>0.253</i>	<i>1</i>	<i>0.658</i>	<i>1</i>	<i>0.498</i>	<i>1</i>	<i>0.240</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.554</i>	<i>1</i>	<i>0.715</i>	<i>1</i>	<i>0.808</i>	<i>1</i>	<i>0.706</i>	<i>1</i>	<i>0.586</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.348</i>	<i>1</i>	<i>0.036</i>	<i>0</i>	<i>0.777</i>	<i>1</i>	<i>0.899</i>	<i>1</i>	<i>0.823</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.475</i>	<i>1</i>	<i>0.225</i>	<i>1</i>	<i>0.018</i>	<i>0</i>	<i>0.102</i>	<i>0</i>	<i>0.156</i>	<i>0</i>	<i>20</i>	<i>1500</i>	<i>1480</i>	<i>2980</i>
<i>0.691</i>	<i>1</i>	<i>0.712</i>	<i>1</i>	<i>0.417</i>	<i>1</i>	<i>0.420</i>	<i>1</i>	<i>0.076</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.564</i>	<i>1</i>	<i>0.953</i>	<i>2</i>	<i>0.563</i>	<i>1</i>	<i>0.620</i>	<i>1</i>	<i>0.874</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.091</i>	<i>0</i>	<i>0.216</i>	<i>1</i>	<i>0.987</i>	<i>2</i>	<i>0.315</i>	<i>1</i>	<i>0.049</i>	<i>0</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.460</i>	<i>1</i>	<i>0.591</i>	<i>1</i>	<i>0.715</i>	<i>1</i>	<i>0.050</i>	<i>0</i>	<i>0.633</i>	<i>1</i>	<i>40</i>	<i>3000</i>	<i>2960</i>	<i>5960</i>
<i>0.722</i>	<i>1</i>	<i>0.219</i>	<i>1</i>	<i>0.485</i>	<i>1</i>	<i>0.458</i>	<i>1</i>	<i>0.841</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.174</i>	<i>0</i>	<i>0.870</i>	<i>1</i>	<i>0.963</i>	<i>2</i>	<i>0.670</i>	<i>1</i>	<i>0.906</i>	<i>2</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.184</i>	<i>0</i>	<i>0.273</i>	<i>1</i>	<i>0.714</i>	<i>1</i>	<i>0.464</i>	<i>1</i>	<i>0.164</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.026</i>	<i>0</i>	<i>0.643</i>	<i>1</i>	<i>0.638</i>	<i>1</i>	<i>0.185</i>	<i>0</i>	<i>0.896</i>	<i>1</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.158</i>	<i>0</i>	<i>0.013</i>	<i>0</i>	<i>0.159</i>	<i>0</i>	<i>0.513</i>	<i>1</i>	<i>0.985</i>	<i>2</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.283</i>	<i>1</i>	<i>0.016</i>	<i>0</i>	<i>0.932</i>	<i>2</i>	<i>0.924</i>	<i>2</i>	<i>0.506</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.930</i>	<i>2</i>	<i>0.912</i>	<i>2</i>	<i>0.721</i>	<i>1</i>	<i>0.790</i>	<i>1</i>	<i>0.144</i>	<i>0</i>	<i>60</i>	<i>4500</i>	<i>4440</i>	<i>8940</i>
<i>0.174</i>	<i>0</i>	<i>0.319</i>	<i>1</i>	<i>0.640</i>	<i>1</i>	<i>0.980</i>	<i>2</i>	<i>0.748</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.042</i>	<i>0</i>	<i>0.443</i>	<i>1</i>	<i>0.778</i>	<i>1</i>	<i>0.687</i>	<i>1</i>	<i>0.038</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>
<i>0.881</i>	<i>1</i>	<i>0.599</i>	<i>1</i>	<i>0.560</i>	<i>1</i>	<i>0.890</i>	<i>1</i>	<i>0.676</i>	<i>1</i>	<i>50</i>	<i>3750</i>	<i>3700</i>	<i>7450</i>
<i>0.602</i>	<i>1</i>	<i>0.385</i>	<i>1</i>	<i>0.515</i>	<i>1</i>	<i>0.021</i>	<i>0</i>	<i>0.092</i>	<i>0</i>	<i>30</i>	<i>2250</i>	<i>2220</i>	<i>4470</i>

0.940	2	0.069	0	0.557	1	0.165	0	0.935	2	50	3750	3700	7450
0.422	1	0.253	1	0.583	1	0.967	2	0.170	0	50	3750	3700	7450
0.403	1	0.433	1	0.901	2	0.523	1	0.822	1	60	4500	4440	8940
0.417	1	0.769	1	0.129	0	0.120	0	0.846	1	30	2250	2220	4470
0.049	0	0.428	1	0.541	1	0.349	1	0.122	0	30	2250	2220	4470
0.869	1	0.124	0	0.286	1	0.763	1	0.195	0	30	2250	2220	4470
0.510	1	0.655	1	0.849	1	0.183	0	0.757	1	40	3000	2960	5960
0.859	1	0.311	1	0.641	1	0.147	0	0.713	1	40	3000	2960	5960
0.767	1	0.727	1	0.165	0	0.118	0	0.494	1	30	2250	2220	4470
0.300	1	0.744	1	0.619	1	0.825	1	0.994	2	60	4500	4440	8940
0.132	0	0.935	2	0.147	0	0.851	1	0.418	1	40	3000	2960	5960
0.674	1	0.912	2	0.707	1	0.257	1	0.740	1	60	4500	4440	8940
0.263	1	0.865	1	0.477	1	0.810	1	0.106	0	40	3000	2960	5960
Aleatori	Botell	Costo	Costo	Costo	Costo								
o 1	a 1	o 2	a 2	o 3	a 3	o 4	a 4	o 5	a 5	Semanal	Semestral 1	Semestral 2	Anual
0.267	1	0.176	0	0.917	2	0.869	1	0.001	0	40	3000	2960	5960
0.724	1	0.477	1	0.582	1	0.891	1	0.207	1	50	3750	3700	7450
0.105	0	0.886	1	0.218	1	0.152	0	0.723	1	30	2250	2220	4470
0.719	1	0.435	1	0.294	1	0.178	0	0.277	1	40	3000	2960	5960
0.648	1	0.453	1	0.218	1	0.109	0	0.177	0	30	2250	2220	4470
0.380	1	0.563	1	0.715	1	0.630	1	0.586	1	50	3750	3700	7450
0.061	0	0.034	0	0.880	1	0.226	1	0.284	1	30	2250	2220	4470
0.660	1	0.823	1	0.968	2	0.260	1	0.348	1	60	4500	4440	8940
0.976	2	0.132	0	0.074	0	0.407	1	0.033	0	30	2250	2220	4470
0.746	1	0.129	0	0.323	1	0.392	1	0.115	0	30	2250	2220	4470
0.484	1	0.860	1	0.965	2	0.866	1	0.457	1	60	4500	4440	8940
0.529	1	0.305	1	0.342	1	0.129	0	0.640	1	40	3000	2960	5960
0.368	1	0.858	1	0.780	1	0.882	1	0.295	1	50	3750	3700	7450
0.233	1	0.616	1	0.306	1	0.867	1	0.309	1	50	3750	3700	7450