

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA
OZONIZADOR DE AGUA”**

INFORME DE INGENIERÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR

RICARDO CAMPANA VARGAS

**PROMOCIÓN
1992 – I**

**LIMA – PERÚ
2003**

A mis padres quienes me inculcaron la responsabilidad y el amor por el trabajo y que la mejor herencia que un hijo puede recibir es una formación ética y profesional que nos permita hacer frente a las dificultades que nos presenta la vida.

Al amor de mi vida, mi esposa Danitza, quien me alentó e incentivó para la realización de este trabajo y es mi apoyo permanente e incondicional.

A mi hijo Daniel Fabricio, quien nos ha dado con su reciente llegada una razón muy poderosa para seguir luchando incansablemente por salir adelante y progresar como personas y como familia.

SUMARIO

Al inicio de las actividades de la empresa Mundiozono Latinoamericano S.A. no se contaba con la experiencia mínima requerida para llevar adelante labores de mantenimiento a los equipos ozonizadores de agua AQCUIVIT, lo que se constituyó en un serio problema al momento de efectuarlas. Se recibió un entrenamiento rápido que solamente cubrió aspectos de funcionamiento del sistema hidráulico, generación de ozono y de la tarjeta electrónica.

La experiencia adquirida tuvo como pilares fundamentales el trabajo de campo y la investigación y búsqueda de información de manera de poder atender con rapidez y eficiencia todos los problemas que se iban presentando en los diferentes equipos que se vendieron.

De igual modo, se tuvo que ordenar y sistematizar la información referida a los problemas y soluciones de cada equipo llevando registros históricos de cada uno de ellos. Como resultado de todo este trabajo se elaboró un protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo para llegar a la eficiencia en las intervenciones.

El presente informe versa de todo lo anteriormente descrito y también propone una mejora de la planta de tratamiento de agua de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Nacional Sur Este de ESSALUD en la ciudad del Cusco, juntando la experiencia obtenida en esta área y de los ozonizadores.

**ANALISIS, EVALUACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA
OZONIZADOR DE AGUA**

INDICE

	Página
PRÓLOGO	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
1.1 El ozono	2
1.2 Mundiozono Latinoamericano S.A.	4
CAPITULO II	
FUNDAMENTOS DEL SISTEMA	
2.1 El ozono	6
2.1.1 Descomposición del ozono en el agua	8
2.1.2 Temperatura y pH	8
2.2 Aplicaciones	9
2.2.1 Tratamiento del agua	9
2.2.2 En la industria	10
2.2.3 En hospitales	11
2.2.4 Acción desodorante	11
2.2.5 Acción oxigenante	12
2.2.6 Ventajas	12
2.2.7 Desventajas	12

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA Y DESCRIPCION OPERATIVA

3.1 Especificaciones del Sistema	13
3.1.1 Modelo 100	13
3.1.2 Modelo 100 D	14
3.1.3 Modelo 300	16
3.2 Descripción operativa	17
3.2.1 Sistema hidráulico	17
3.2.2 Sistema de producción de ozono	19
3.2.3 Sistema electrónico de control	24

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO

4.1 Fallas frecuentes	42
4.1.1 Ubicación de los equipos	42
4.1.2 Presión de agua	43
4.1.3 Instalaciones a redes de agua blanda	43
4.1.4 Fallas en el generador	45
4.1.5 Sobrecorrientes fantasmas	46
4.1.6 Deterioro de los elevadores	47
4.2 Protocolo de mantenimiento preventivo	48
4.3 Protocolos de mantenimiento correctivo	50
4.3.1 Parada total del equipo	51
4.4 Esquemas generales	55
4.4.1 Modelo 100	55

4.4.2 Modelo 100 D	56
4.4.3 Modelo 300	57
CAPITULO V	
PROYECCION DEL SISTEMA	
5.1 Propuesta de una pequeña planta de tratamiento	58
5.1.1 Descripción de la planta	58
5.1.2 Sistema propuesto	64
5.2 Costos y presupuesto	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
ANEXO A	
OZONO – GENERALIDADES	77
ANEXO B	
ULTRAFILTRADO	82
ANEXO C	
ESTERILIZACION UV DEL AGUA	84
ANEXO D	
MANUAL DE CALCULO DE INSTALACIONES DE OZONIZACION	88
BIBLIOGRAFIA	109

PROLOGO

En los últimos años se ha hablado cada vez con mayor fuerza del ozono, de la capa de este gas que se encuentra en la estratosfera y de las consecuencias de su destrucción. Sin embargo, la mayoría desconoce los otros beneficios que se puede obtener de la utilización de este gas al incorporarlo al agua y al aire.

En el presente informe, se hace una descripción operativa de los ozonizadores de agua marca ACQUAVIT, y la forma cómo se debe realizar las labores de mantenimiento.

Asimismo, se plantea la Modificación de la Planta de Tratamiento de Agua de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Nacional Sur Este de ESSALUD – Cusco, mediante la instalación de un ozonizador de agua en la línea de producción de esta planta. Las normas de calidad que se debe cumplir en una instalación de este tipo son muy rigurosas, debido a que el agua entra en contacto directo con la sangre de los pacientes y, cualquier impureza, bacteria u otro tipo de contaminante presente en el agua puede causar la muerte. Esta modificación la planteo gracias a la experiencia que adquirí al trabajar en dicho hospital y en Mundiozono Latinoamericano al frente del Departamento de Ingeniería.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 El ozono

Nuestro planeta cuenta con agentes naturales que han hecho posible que la vida pueda aparecer y desarrollarse dentro de él, desde la aparición del primer organismo unicelular hasta evolucionar en otros mucho más complejos pasando por una infinidad de formas. Uno de los agentes que ha permitido todo este desarrollo es el ozono. Pero, ¿cómo es que este gas puede hacer que la vida sea algo viable?. En un inicio, el primer organismo vivo apareció en el mar, y fue el que dio origen a los distintos grupos, uno de los cuales constituyó la gran masa acuática, conformada principalmente por algas. Estas empezaron a producir inmensas cantidades de oxígeno como producto secundario de la fotosíntesis, el que fue ascendiendo hacia la atmósfera que en ese entonces no era como hoy la conocemos. Al incidir la radiación ultra violeta del sol sobre los átomos de oxígeno se produjo ozono (O_3) hasta llegar a formar una capa que sirvió como filtro de esta radiación. Al disminuir la radiación fue posible que muchos organismos se adaptaran a tierra firme en vista que la cantidad de rayos ultravioleta les permitía sobrevivir y seguir evolucionando en otras formas de vida más complejas. De esta manera, la vida en el planeta ha sido posible gracias a la presencia de este gas.

A principios del siglo pasado, se descubrió la presencia de este gas y de su importancia para la vida, y al mismo tiempo se fueron conociendo sus propiedades, que son más que un filtro de radiación ultravioleta. Por ejemplo, se llega a saber que sus cualidades desinfectantes y desodorantes son debidos principalmente a la inestabilidad de la molécula que lo conforma. A medida que se iban descubriendo más propiedades, se le van dando nuevas aplicaciones.

Estas aplicaciones han permitido mejorar los niveles de vida, ya que con el ozono se puede tratar con mayor eficiencia el agua para el consumo humano por ejemplo, se purifican ambientes y otras que lamentablemente en nuestro país las ignoramos.

Sin embargo el hombre ha producido inconscientemente el deterioro de la capa de ozono, debido a compuestos fluorocarbonos utilizados en la industria. Así también, se ha llegado a producir ozono a nivel del suelo en grandes cantidades por efectos de la contaminación atmosférica que favorece su generación. A esta altura, el ozono es, consecuentemente tóxico. Esto se puede observar en ciudades como Santiago de Chile y México, donde las condiciones geográficas no permiten una disipación rápida de los gases contaminantes favoreciendo la aparición de ozono. En Lima pese a la alta contaminación atmosférica no se produce este fenómeno debido a su cercanía al mar, donde los vientos acarrean los gases a lugares donde las condiciones geográficas y climáticas no permiten la formación de este gas.

Es importante e indispensable evitar el deterioro de la capa de ozono ya que de ello depende la vida en el planeta. Los conservacionistas y los especialistas están de acuerdo en que aún estamos a tiempo, así podremos garantizar la vida de futuras generaciones; protegerla es el gran reto de nuestra generación y también una grave responsabilidad.

1.2 Mundiozono Latinoamericano S.A.

En el verano de 1992 en el Perú se desató una epidemia del cólera, en especial en la costa, la misma que causó miles de víctimas en la población. Su rápida diseminación se debió principalmente a las malas condiciones sanitarias y de higiene sobre todo en los estratos sociales bajos. Pese a esto, sin embargo, la epidemia fue controlada por la rápida acción de las autoridades competentes.

En esta coyuntura, un grupo de empresarios peruanos fundó la empresa MUNDIOZONO LATINOAMERICANO S.A. con el objeto de comercializar ozonizadores de agua con tecnología española marca ACQUAVIT desarrollados por la corporación SAITRA de Alicante España.

El proyecto de la empresa constaba de tres etapas. La primera, en la importación de un pequeño lote de equipos a manera de sondeo del mercado. La segunda etapa contemplaba la instalación de una ensambladora con el fin de reducir los costos y de esta manera ampliar el mercado; de igual modo la comercialización en esta etapa debía ampliarse a los países de Latinoamérica como Argentina, Brasil, Venezuela y México. Paulatinamente se debía reemplazar por piezas de fabricación nacional aquellas que no involucraban la patente de SAITRA, es decir el sistema

hidráulico y generador de ozono, los que seguiría importándose. Esta era la tercera etapa.

Dada la coyuntura de la época era de esperar que todo marchase sin inconvenientes hasta alcanzar la tercera etapa con el consiguiente crecimiento de la empresa.

Lamentablemente, factores externos a la gestión de los directivos de la empresa conspiraron en contra y sólo se pudo a duras penas pasar la primera etapa. Los factores de los que se hace mención fueron: alto precio de venta, el que no podía reducirse por los costos que implicaban la importación y por otro lado la intransigencia del fabricante a la hora de hacer ciertas concesiones.

Es importante mencionar también que en esos años existía un racionamiento de energía eléctrica así como de agua potable, los mismos que no favorecieron un adecuado funcionamiento de los equipos vendidos.

Es en este contexto que entro a laborar en dicha empresa prácticamente desde sus inicios hasta su cierre definitivo.

CAPITULO II FUNDAMENTOS DEL SISTEMA

2.1 El ozono

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, cuya molécula se compone de tres átomos de éste (O_3), a diferencia del oxígeno normal, formado por dos átomos (O_2).

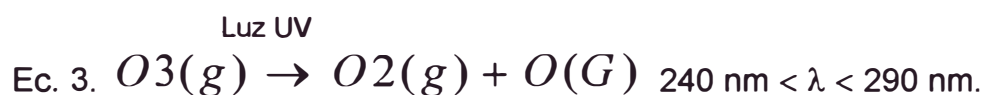
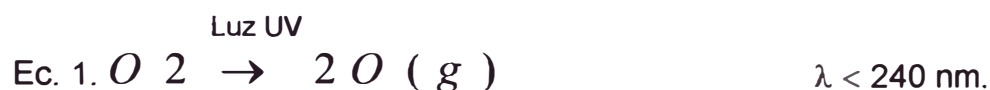
El ozono aparece en forma natural en pequeñas cantidades en la alta atmósfera y en el aire en la parte baja después de una tormenta eléctrica. A temperatura ambiente es un gas de color azul pálido con un suave olor, que es una característica del aire después de una tormenta eléctrica o cerca de un motor eléctrico viejo. Se condensa en un líquido azul a $-112^{\circ}C$ y se congela a $-193^{\circ}C$.

El ozono es mucho más reactivo que el oxígeno molecular. Es un poderoso agente oxidante, sólo superado por el flúor. Puede oxidar muchos compuestos orgánicos y es utilizado comercialmente como decolorante y desodorante. Por sus propiedades germicidas, es utilizado también para esterilizar aire y agua.

Para obtener ozono, el oxígeno o aire seco es sometido a descargas eléctricas. La mezcla resultante de ozono y O_2 o aire es utilizada en numerosas aplicaciones industriales.

A niveles atmosféricos bajos, como ya se mencionó, resulta ser un agente contaminante. Sin embargo en la estratosfera (15 – 55 Km. por encima de la superficie terrestre), es un filtro de la radiación ultravioleta proveniente del sol. El oxígeno molecular absorbe las radiaciones ultravioleta de alta energía, es decir aquellas cuya longitud de onda es menor de los 240 nm mas no así las que están entre 240 nm y 290 nm. Esta es absorbida por el ozono.

El ozono estratosférico se produce mediante reacciones fotoquímicas que involucran al oxígeno molecular. Las reacciones que se producen son las siguientes:



Cuando el oxígeno molecular de la estratosfera absorbe la radiación ultravioleta de alta energía (ecuación 1), se disocia en dos átomos. Estos luego se combinan con moléculas de O_2 para formar ozono (ecuación 2). Esta reacción es exotérmica y el efecto neto de las dos primeras reacciones es la conversión de tres moléculas de O_2 en dos de ozono, ambas gaseosas, y al mismo tiempo la energía de la luz UV se convierte en calor. El ozono absorbe la radiación ultravioleta con longitud de onda entre 240 nm y 290 nm (ecuación 3). Esta radiación provoca la descomposición del ozono en moléculas de O_2 y oxígeno atómico. Esta también es una reacción

exotérmica. El efecto total es la conversión de la energía de la luz UV en calor. Estas reacciones evitan que la radiación ultravioleta llegue a la superficie de la tierra mediante la conversión de su energía en calor.

2.1.1 Descomposición del ozono en el agua

El ozono es altamente inestable y debe ser generado en el lugar donde se va a utilizar. Su potencial de oxidación (-2,07 V) es más alto que el hipoclorito (-1,49 V) o el cloro (-1,36 V). Una vez que se ha producido el ozono su incorporación en el agua sigue la siguiente secuencia:



Los radicales libres (HO_2 y HO) reaccionan con una variedad de impurezas como sales, compuestos orgánicos y microorganismos, hidrógeno e iones hidróxido. Son germicidas más potentes que el hipoclorito en factor de 100 a 100.

2.1.2 Temperatura y pH

Se han realizado varios estudios en los que se ha concluido que la efectividad del ozono en oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos está relacionada con la temperatura del agua y los niveles de pH. A niveles bajos (menos de 7) las reacciones son algo lentas. Con un pH por encima de 8 inmediatamente se descompone en radicales hidroxilo libres, los que reaccionan rápidamente. Así, la alcalinidad del agua es un parámetro clave

en los procesos avanzados de oxidación. El ozono se descompone rápidamente en agua en pocos minutos.

2.2 Aplicaciones

2.2.1 Tratamiento del agua

El ozono es aplicado en el tratamiento del agua por su propiedad oxidante. Utilizando ozono en el pretratamiento para la eliminación de sales metálicas pesadas, reduce el equipamiento necesario para el intercambio iónico de manera que las resinas catalizadoras trabajan mejor y duran mucho más.

Otra de sus propiedades es la capacidad de oxidar enlaces múltiples de carbono acetilínico, moléculas aromáticas, carbo-cíclicas, heterocíclicas, enlaces carbono hidrógeno en alcoholes, éteres, aldehídos, aminas e hidrocarburos; enlaces silicio - carbono, silicio –silicio y silicio – hidrógeno y varios tipos carbono - metal. Entre las principales aplicaciones en el tratamiento del agua podemos citar:

1. Desinfección bacteriana e inactivación viral. Las bacterias son las que más rápidamente se destruyen y en bajas concentraciones mientras que los virus son más resistentes, teniendo que estar en contacto con el ozono a mayores concentraciones y durante más tiempo.
2. Oxidación de compuestos inorgánicos como hierro, manganeso, metales pesados ligados orgánicamente. La oxidación ocurre más rápidamente, dejando compuestos insolubles que se pueden quitar fácilmente por medio de un filtro de carbón activado. Los iones de sulfuro son oxidados secuencialmente a iones sulfato, una sustancia inocua.

3. Oxidación de compuestos orgánicos como detergentes, pesticidas, herbicidas, fenoles, sabor y olor causados por impurezas.

2.2.2 En la industria

En la industria se aprovecha la presencia de ozono residual, luego de realizar el tratamiento del agua mediante esta técnica, así como también para purificar aire. A continuación se detalla brevemente algunas aplicaciones industriales:

1. En la industria farmacéutica se utiliza para crear atmósferas estériles, mediante la ozonización del aire.
2. En la industria química y petroquímica se trata el agua de los relaves.
3. En la industria avícola: el agua es filtrada y tratada con permanganato de potasio para controlar el nivel bacteriano. Este tratamiento es inadecuado y caro. Por otro lado, las excretas de las aves producen amoníaco gaseoso, quedando cerca del suelo y es altamente soluble en agua, lo cual es causa de problemas respiratorios en las aves. Tratando el agua con ozono se elimina estos problemas.
4. En la industria panificadora. Al utilizar agua ozonizada se logra reducir el consumo de levadura, ya que el ozono permite la fermentación de la masa con menores cantidades de este insumo.
5. En la agricultura: las semillas son tratadas con agua ozonizada para evitar que sean atacadas por hongos cuando son almacenadas.
6. En el tratamiento de los alimentos: carnes, verduras. Prolonga su conservación aprovechando la acción desinfectante.

2.2.3 En hospitales

En la medicina tiene dos principales aplicaciones: en UCI y hemodiálisis. En el primer caso se ozoniza el aire mientras que en el segundo el agua.

1. En la unidad de cuidados intensivos (UCI). El riesgo de contagio de enfermedades en los pacientes de los hospitales en especial cuando éstos se encuentran internados en UCI es muy alto. La principal vía de contagio es el aire, por lo que, en estos ambientes se ozoniza el aire para minimizar este riesgo.
2. En la unidad de hemodiálisis. El agua utilizada en el tratamiento de pacientes con deficiencia renal tiene que ser altamente pura y libre de patógenos. Normalmente el agua sigue un proceso de purificación mediante un ablandamiento, desionización, ósmosis inversa y sometida a radiación ultravioleta. Cuando se utiliza un sistema sobre la base de una ozonización reduce el tamaño de la instalación ya que elimina la necesidad de instalar un equipo de ósmosis inversa, desionizadores, etc., quedando el agua en las mismas condiciones de pureza requeridas.

2.2.4 Acción desodorante

Destruye los malos olores atacando directamente sobre la causa que los provoca y sin añadir ningún otro olor. En sitios cerrados de gran afluencia de público, la causa suele ser la materia orgánica en suspensión, y la acción de ciertos microorganismos. Su acción se centra en atacar ambas causas eliminando así el mal olor.

2.2.5 Acción oxigenante

Como consecuencia de la acción desodorante, un ambiente tratado con ozono se enriquece de oxígeno, debido precisamente a su inestabilidad, ya que se descompone en oxígeno atómico y molecular.

2.2.6 Ventajas

1. Elimina el sabor y olor a cloro del agua.
2. Oxida con rapidez las impurezas orgánicas del agua.
3. Disuelto en agua, es eficaz en un amplio rango de temperatura y pH.
4. Su acción bactericida y esporicida es muy rápida, de 300 a 3000 veces más que la del cloro y con períodos de contacto muy cortos.
5. No se producen olores residuales como resultado de formación de complejos de adición o sustitución.
6. No existe peligro para la salud resultante de un sobretratamiento.

2.2.7 Desventajas


1. No proporciona acción residual desinfectante duradera.
2. Las exigencias de energía y los costos de la primera instalación y operación son elevados, de 10 a 15 veces mayores que cuando se emplea cloro.
3. El proceso es menos flexible que el del cloro, en lo que respecta a velocidad de flujo y variaciones de calidad de agua.

CAPITULO III ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA Y DESCRIPCIÓN OPERATIVA

3.1 Especificaciones del Sistema

3.1.1 Modelo 100

Este modelo está diseñado para aplicaciones domésticas entre las que se puede mencionar:

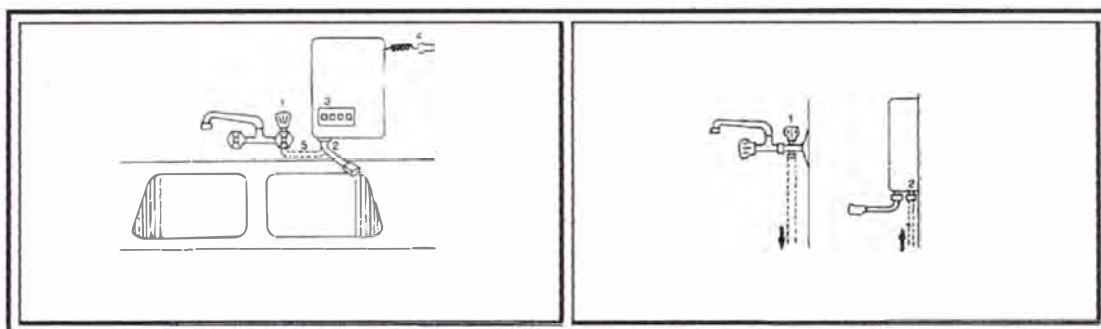
<ol style="list-style-type: none">1. Elimina el sabor y olor del cloro en el agua2. Destruye malos olores.3. Elimina bacterias, virus y hongos que pudiese contener el agua.	
--	--

La propiedad anterior permite destruir todas las bacterias que aceleran la descomposición de las carnes, mariscos, pescados, alargando su conservación a la vez que los desinfecta potenciando su color y sabor al destruir también los aditivos y conservantes que contienen dichos alimentos en su origen.

La capacidad de desinfección que tiene permite sustituir el proceso de hervido del agua, haciéndola apta para su consumo.

Instalación

En el punto de salida del agua y no en la entrada general, mediante un tubo de abasto de ½". La base del equipo debe encontrarse por encima de la toma mínimo 20 cm.




Especificaciones

1. Consumo: 25 W.
2. Peso: 750 gr.
3. Medidas: 30 x 15 x 15 cm.
4. Producción: 400 l / h.
5. Material de la caja: plástico ABS.
6. Un nivel de concentración de ozono.

3.1.2 Modelo 100 D

Este modelo está diseñado para ser instalado como ducha exclusivamente. Sus aplicaciones son las siguientes:

<ol style="list-style-type: none">1. Limpia, oxigena y revitaliza la piel y el cuero cabelludo.2. Elimina el mal olor corporal.3. Combate el acné, la caspa, la soriasis, la seborrea, etc.	
---	--

Las duchas de ozono ayudan a combatir el estrés y aceleran la curación de heridas y quemaduras, al desinfectar las mismas, su efectividad también es importante en la higiene bucal mediante simples enjuagues, entre otras bondades.

Instalación

Directamente a la tubería que va hacia la ducha, después de la llave de paso del agua.

Especificaciones

1. Consumo: 25 W.
2. Peso: 750 gr.
3. Medidas: 30 x 15 x 15 cm.
4. Producción: 400 l / h.
5. Material de la caja: plástico ABS.
6. Un nivel de concentración de ozono.

7. Activación por la apertura de la llave de paso.
8. Ducha de teléfono de 2 m.

3.1.3 Modelo 300

Este modelo está diseñado para ser utilizado en restaurantes y negocios dedicados al expendio de alimentos. Sus aplicaciones son similares al modelo 100, con la diferencia que posee tres niveles de concentración, las mismas que hacen más eficiente el tratamiento de conservación de los alimentos.

Instalación

En el punto de salida del agua y no en la entrada general, mediante un tubo de abasto de ½". La base del equipo debe encontrarse por encima de la toma mínimo 20 cm.

Especificaciones

1. Consumo: 25 W.
2. Peso: 3 Kgr.
3. Medidas: 30 x 50 x 15 cm.
4. Producción: 400 l / h.
5. Material de la caja: plástico ABS.
6. Tres niveles de concentración de ozono.

Es necesario mencionar que existen otros modelos, por ejemplo el 200 que tiene aplicaciones en peluquerías, el modelo 500 utilizado en hospitales. Estos modelos sin embargo no fueron comercializados por la empresa.

Aparte de las aplicaciones descritas, existen otras que se implementaron en el país, por ejemplo en la industria panadera, farmacéutica, en granjas, etc.

3.2 Descripción operativa

3.2.1 Sistema Hidráulico

3.2.1.1 Modelos 100 y 300

El siguiente diagrama de bloques muestra el sistema hidráulico de los equipos modelos 100 y 300. Básicamente está constituido por una electroválvula y un tubo venturi.

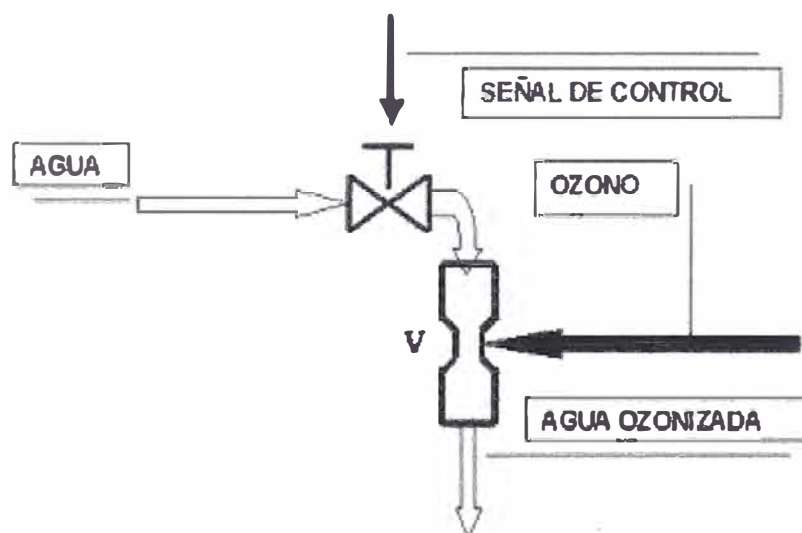


Figura 3.1 Sistema Hidráulico Modelos 100 Y 300.

El funcionamiento de esta parte es el siguiente: al pulsar el botón de accionamiento del equipo el sistema electrónico envía una señal a la electroválvula, la cual al abrirse deja pasar el agua de la red, al mismo tiempo se genera ozono. El agua pasa hacia el tubo venturi cuyas características hacen que el agua alcance una velocidad de 400 Km/h (dependiendo de la presión de la red) en el punto más angosto,

produciéndose dos fenómenos: la velocidad en esta parte genera una diferencia de presiones entre el generador (ambiente) y el venturi permitiendo el paso del ozono hasta el punto de mezcla, y el otro ocurre a nivel molecular en el agua, la misma que se rompe permitiendo que el ozono se incorpore y produzca todos sus efectos desinfectantes en el agua y quedando además un residual, el que permitirá tener las distintas aplicaciones que se detallaron anteriormente.

3.2.1.2 Modelo 100 D

El modelo 100 D es un equipo diseñado para ser utilizado como ducha. El sistema hidráulico es el mismo que para los casos presentados en el punto 3.2.1.1 con la diferencia que el tubo venturi no lleva una electroválvula. La conexión se hace mediante la apertura de la llave de paso del agua tal como se muestra en la figura 3.2.

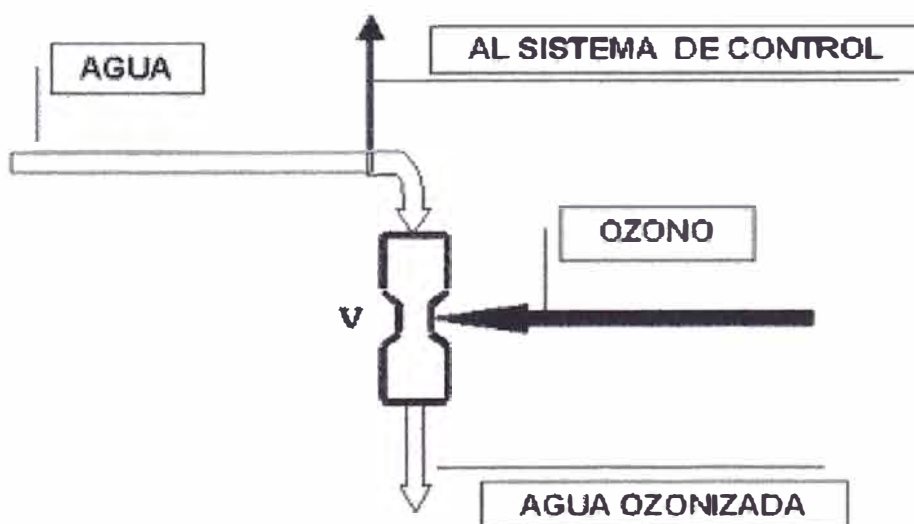


Figura 3.2 Sistema Hidráulico Modelo 100 D.

3.2.2 Sistema de producción de ozono

3.2.2.1 Elevador de tensión

Es un elevador de 220V a 5000V. Debido a que trabaja con alta tensión, el devanado está hecho con hilo de cobre de pequeño calibre y para obtener un aislamiento adecuado está cubierto de una resina especial resistente a la alta tensión.

3.2.2.2 Generador de ozono

El generador de ozono es un tubo coaxial que consta de las siguientes partes:

1. Tubo externo de acero inoxidable.
2. Tubo de vidrio pirex como material dieléctrico.
3. Lámina de acero inoxidable de forma cilíndrica.
4. Eje de acero inoxidable con dos pares de escobillas.
5. Tapas de plástico ABS.

Al pasar el agua por el tubo venturi genera una presión negativa que succiona aire desde el exterior haciéndola atravesar por el generador; en este lugar se producen descargas eléctricas de manera que el oxígeno del aire se convierte en moléculas de ozono. Al continuar el flujo del aire, éste atraviesa el conducto de ozono para finalmente incorporarse al agua que está circulando a 400 Km/h aproximadamente.

En la figura 3.3 se muestra la sección transversal del generador. El diámetro externo es de tres centímetros y la separación entre el tubo externo y el de pirex es de 0.5 mm. Las escobillas hacen contacto con una lámina metálica y éstas con el tubo de pirex.

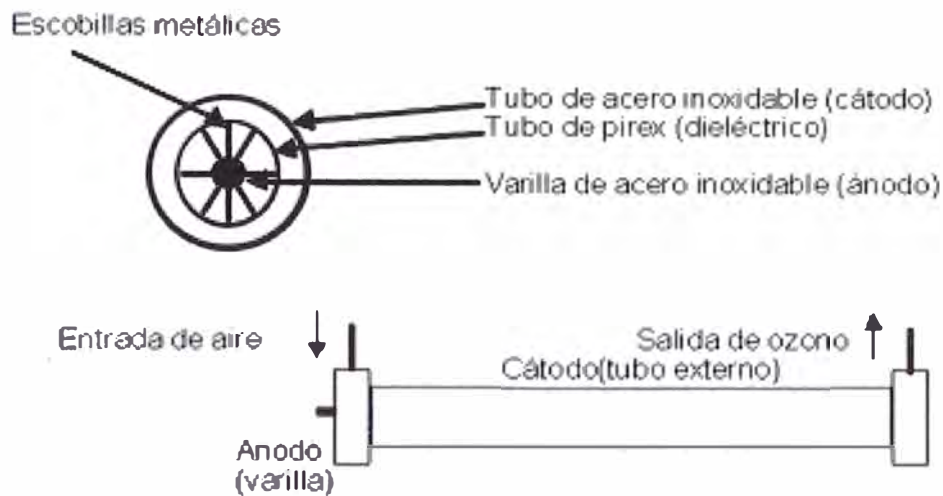


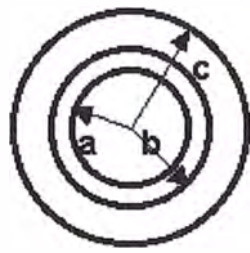
Figura 3.3 Generador de ozono.

La generación de ozono se basa en el principio descrito en el capítulo II. Entre el ánodo y cátodo se establece una alta tensión de manera que se generan descargas eléctricas cuya radiación ultravioleta hace que el oxígeno del aire presente entre los electrodos se convierta en ozono.

Una manera de enfocar el fenómeno es de considerar al generador como un condensador con dos dieléctricos: aire y vidrio pirex.

Teniendo en cuenta las dimensiones del generador y su geometría podemos calcular el valor de la capacitancia del mismo, además se debe tener presente que el generador presenta pérdidas óhmicas (figura 3.4).

Longitud L	:	20 cm
Radio interno a	:	0,45 cm
Radio del tubo pirex b	:	0,5 cm
Radio externo c	:	1,5 cm



$$C = \frac{2 * \pi \epsilon L}{\ln(bc / a^2)}$$

$$C = 0,0085K \text{ nF}$$

**K cte. dielectrica del
pyrex, 5 < k < 10**

Figura 3.4 Corte del generador.

Reemplazando los valores correspondientes obtenemos la capacitancia de **0,0085K nF**, donde K es la permitividad relativa del pyrex encontrándose entre 5 y 10.

En vista que el generador es un condensador con pérdidas (figura 3.5) se puede calcular teóricamente su impedancia modelando circuitalmente mediante un condensador ideal en paralelo con una resistencia:

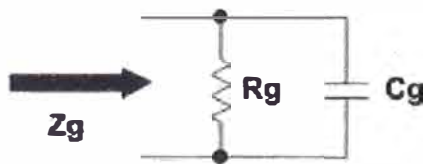


Figura 3.5 Circuito equivalente del generador.

$$Zg = \frac{Rg}{\sqrt{1 + \omega^2 Rg^2 C^2}}, \quad \phi = -ATN(\omega Rg C)$$

donde $\omega = 120 \pi$ rad/s y teniendo en cuenta que R_g está en el orden de los megohms el producto $R_g C$ es mucho menor que 1 de manera que podemos hacer la siguiente aproximación:

$$Z_g = R_g, \quad \phi = -R_g C$$

La tensión aplicada a los electrodos es de 5000 V rms senoidales a la frecuencia de la red, pudiéndose calcular la corriente que se establece entre ambos:

$$v = A_v \sin(120 \pi t), \quad i = v/Z_g = I \sin(120 \pi t + R_g C)$$

donde $A_v = 5000 * \sqrt{2}$ V y la corriente es del orden de uno a dos mili amperios. Existe un adelanto de la corriente con respecto a la tensión en el generador.

Por otra parte hay que tener presente que a determinada tensión en los electrodos se rompe la resistencia del dieléctrico, de manera que se producen descargas en el interior del generador, dos veces por cada período de la tensión: una cuando aumenta positivamente y la segunda cuando crece negativamente. Estas descargas tienen efectos químicos y eléctricos. El efecto químico, que es lo que realmente se desea, es la generación de ozono a partir de las moléculas de oxígeno presentes al momento de las descargas. Por otro lado, la corriente aumenta bruscamente durante períodos cortos de tiempo (mientras duren las descargas: dos veces por período de la tensión) de modo que aparece el segundo armónico.

El efecto eléctrico se pudo comprobar en el laboratorio mediante la observación en el osciloscopio de la corriente en el generador. Para lograrlo se tuvo que implementar el siguiente circuito:

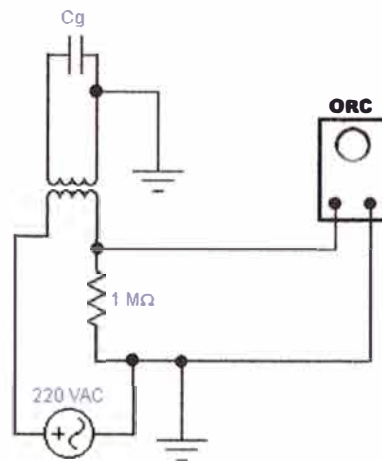


Figura 3.6 Circuito de prueba para ver la onda de corriente en el generador.

La onda de tensión que se obtuvo es como la que se muestra en el gráfico de la figura 3.7.

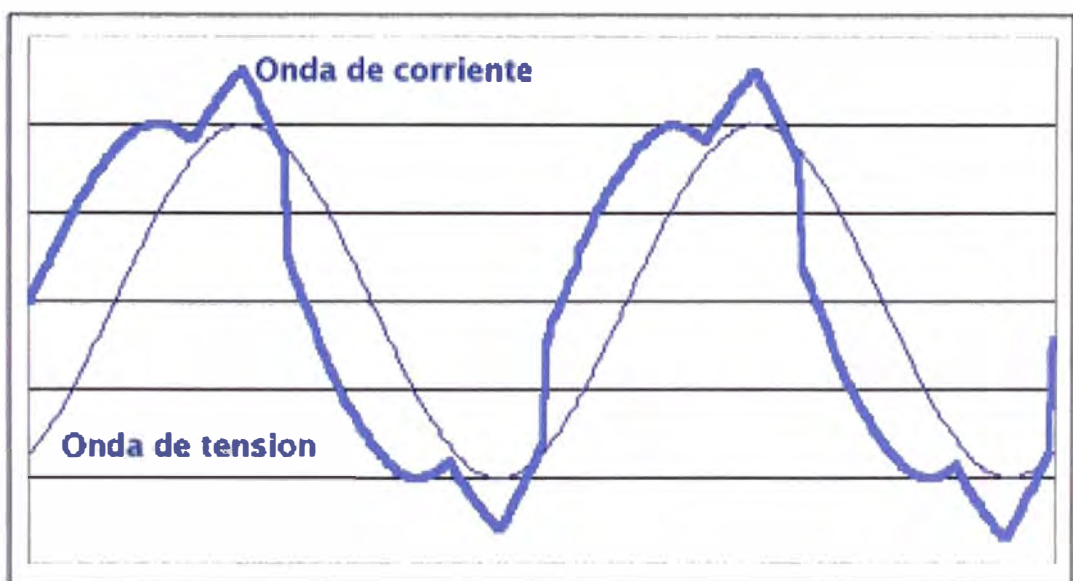


Figura 3.7 Formas de onda de tensión y corriente.

3.2.3 Sistema electrónico de control

En el siguiente diagrama de bloques (figura 3.8) se muestra el sistema electrónico de los equipos. El sistema es casi el mismo para todos los modelos sin embargo las diferencias existentes varían según el modelo.

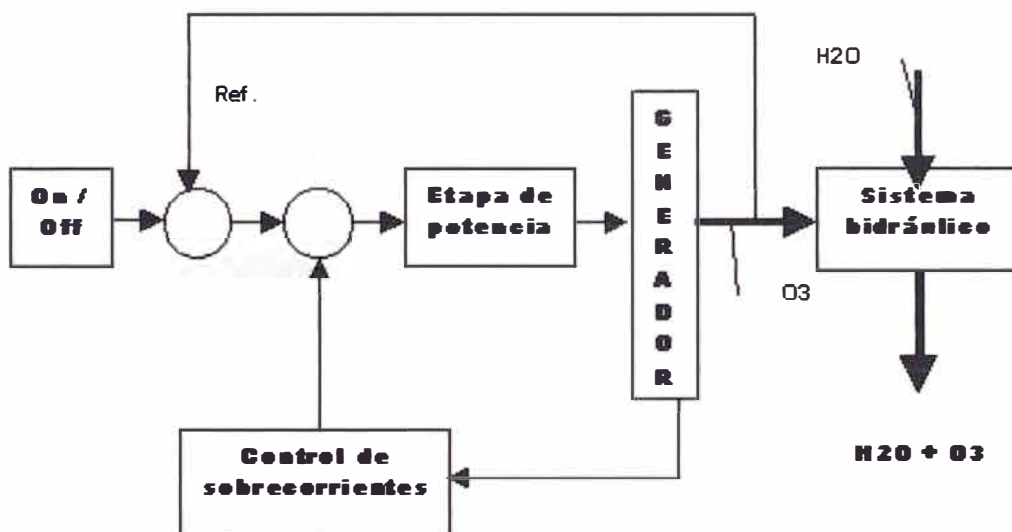


Figura 3.8 Diagrama de bloques del sistema electrónico de control.

Se puede observar que el sistema es de lazo cerrado, teniendo dos realimentaciones: una para controlar posibles sobrecorrientes o cortocircuitos que puedan producirse al interior del generador y la otra es para evitar retornos de agua que puedan causar deterioro del mismo.

3.2.3.1 Control de sobrecorrientes

El peligro de sobreintensidad o cortocircuito en la salida del secundario del elevador implica una sobreintensidad en el primario. Para la protección de éste, los equipos cuentan con un fusible de 300 mA lento. Al ser un fusible de fabricación exclusiva se corre el riesgo de colocar otro de mayor valor de fusión, con lo que si los equipos están averiados produciría un daño irreparable en el elevador. Para evitar esta situación los

ozonizadores cuentan con un “fusible electrónico” (figura 3.9), formado por una resistencia y un optoacoplador ISO 4N26 en la salida no activa del elevador. La tensión en la resistencia dependerá de la corriente que la recorra. Si ésta excede de un determinado valor, la tensión aumentará, provocando la actuación del optoacoplador, el cual generará una señal que será memorizada en el flip flop induciendo la desconexión del equipo y mantendrá el señalizador de avería encendido.

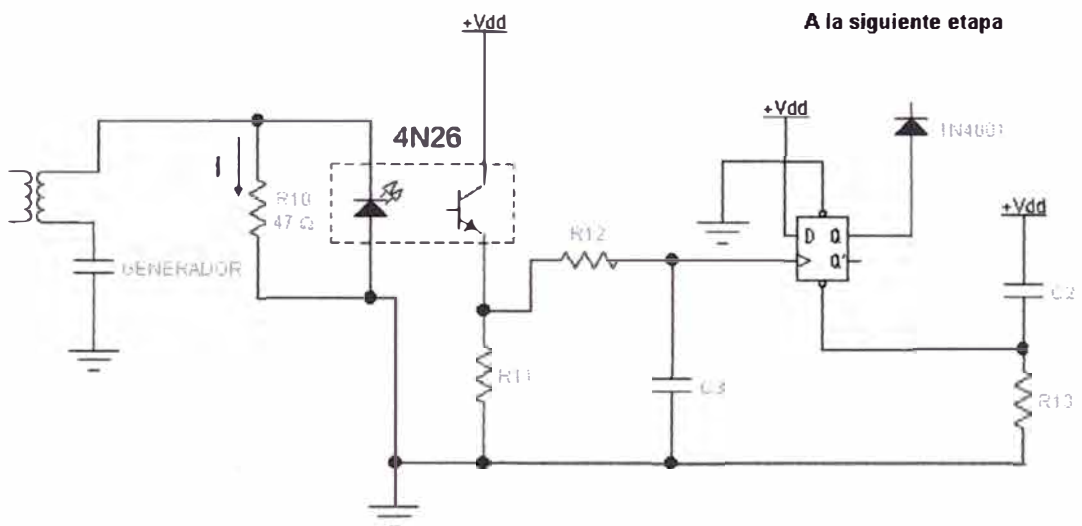


Figura 3.9 Circuito del fusible electrónico.

La tensión en el diodo depende de la cantidad de corriente que circula a través de la resistencia R10 y la forma de esta señal es como la que se muestra en la figura 3.7. El diodo conducirá si es que esta tensión pasa de los 0.7 V con polaridad directa, es decir cuando la parte negativa de la señal esté presente y el foto transistor conducirá, sin embargo la tensión del emisor no alcanzará necesariamente los 12V requeridos para hacer cambiar de estado al flip flop. Para esto se necesita una corriente en R10 tal que la tensión en la base del transistor sea igual a V_{sat} entonces el flip flop

cambiará de estado; esta situación se presenta cuando se producen cortocircuitos o sobrecorrientes en el secundario del elevador.

$$V_{\text{diodo}} = I * R_{10}$$

Para que el flip flop cambie de estado la tensión en la entrada del reloj debe ser 12 V aproximadamente, luego para esta situación la tensión en el emisor debe ser igual al de la fuente por lo tanto $V_b = V_{\text{sat}}$ y finalmente a esta tensión le corresponde V_{dsat} , entonces la corriente mínima para que se active el sistema de protección se puede calcular a partir de $V_{\text{diodo}} = I * R_{10}$:

$$I_{\text{ref}} = \frac{V_{\text{dsat}}}{R_{10}}$$

La red de C2 y R12 sirve para filtrar altas frecuencias y rebotes en la entrada de reloj del flip flop. Hay que precisar también que la red RC en la patilla R (reset) del flip flop asegura que su salida esté en cero al encender el equipo.

Este sistema de protección contra sobrecorrientes o corto circuitos es el mismo en todos los modelos.

3.2.3.2 Control contra inundaciones

Los equipos cuentan con una válvula check en el conducto de ozono para prevenir posibles retornos de agua que puedan llegar hasta el generador y producir cortocircuitos. Sin embargo, ante la eventualidad de que esto ocurra, el sistema cuenta con un sensor de paso de agua (figura 3.10) ubicado entre el generador y la válvula check dentro del conducto.

El sensor está conectado a un circuito comparador y consta de dos electrodos de acero inoxidable a una distancia de 1 cm. uno del otro. La implementación de esta parte del sistema es la misma para todos los modelos. La explicación del funcionamiento del circuito se hará en la parte correspondiente a cada modelo.

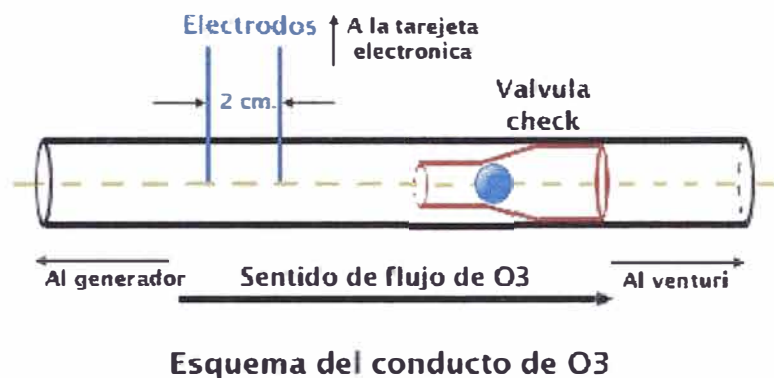


Figura 3.10 Sensor de agua y válvula check en el conducto de ozono

3.2.3.3 Modelo 100

Teniendo como referencia el diagrama de bloques de la figura 3.8 es posible identificar cada una de las partes del sistema.

Bloque de encendido (On / OFF)

En la figura 3.11 se muestra la parte del circuito que interviene en el encendido y apagado del equipo. Se ha omitido el circuito detector de sobrecorrientes y cuya salida va a la entrada asíncrona SET del flip flop mediante D1 del OR cableado.

Las redes para los voltajes de referencia en los tres comparadores están diseñadas de manera que en la entrada de referencia del comparador se tenga 8V para lo cual las resistencias están en relación 2 a 3. Debido a las características de funcionamiento que se requiere, se utiliza las entradas

asíncronas del flip flop U4. De otro lado, las redes RC que están conectadas a éstas son para asegurar un pulso alto ya sea para poner en uno o en cero la salida Q según sea el caso. El ancho de este pulso es lo suficientemente largo para asegurar estos cambios de estado en el flip flop.

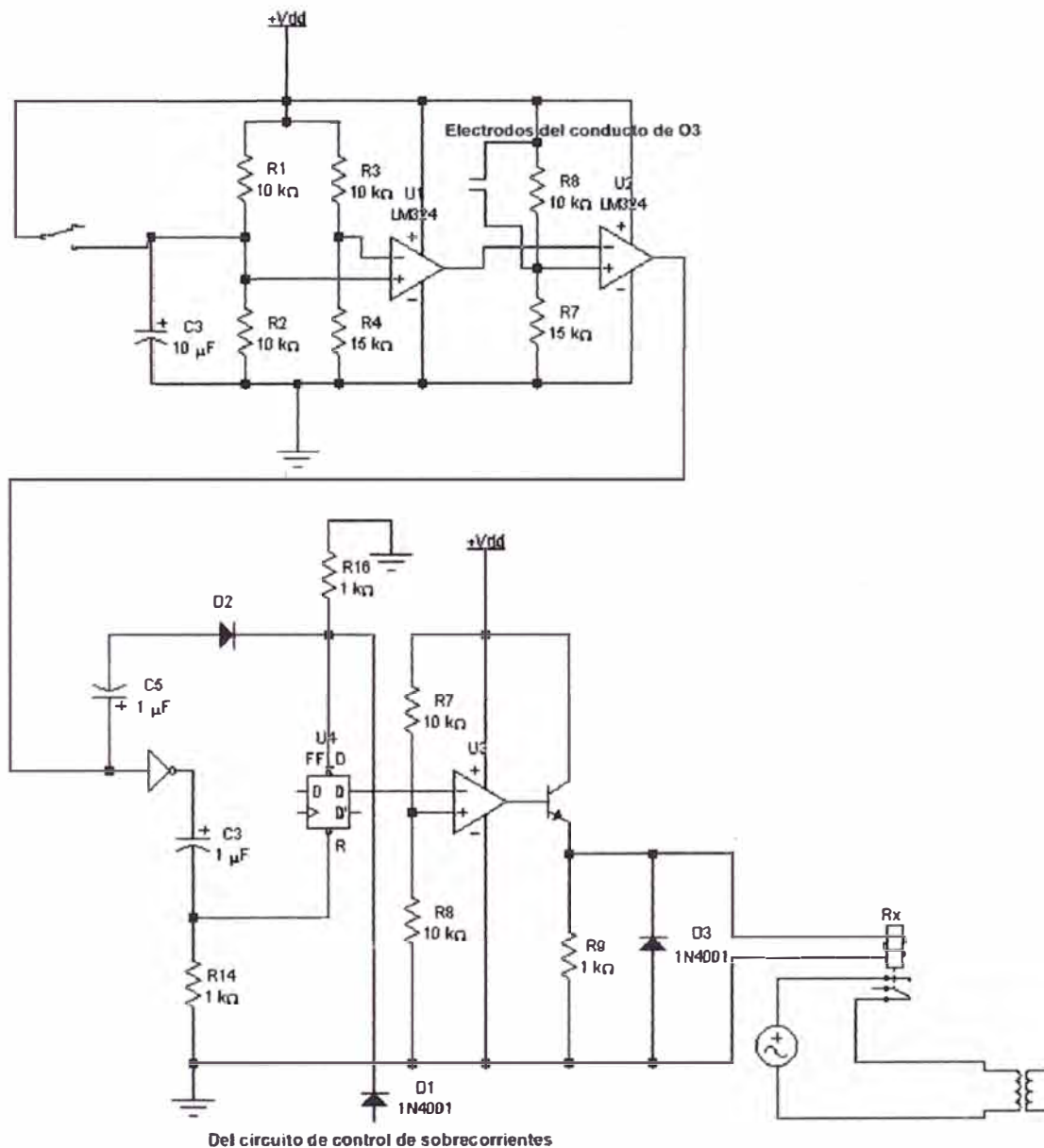


Figura 3.11 Circuito electrónico de accionamiento. Modelo 100.

U1 es el comparador del bloque ON / OFF, cambia de estado al ser presionado el interruptor, pasando de nivel bajo a alto. El condensador C1 está encargado de eliminar los posibles rebotes que puedan aparecer al iniciar el proceso.

U2 cambia de estado, de alto a bajo, cuando U1 lo haya hecho; y esta bajada entra al inversor para tener un pulso positivo en la entrada asíncrona RESET de U4 provocando un nivel bajo en la salida. Este cambio hace que U3 cambie de estado, cayendo una tensión de 12 V aproximadamente entre la base del transistor y tierra, así se induce su saturación de modo que se activa el relé para poder energizar el elevador, la electroválvula y la lámpara piloto.

La figura 3.12 muestra la temporización de todo el circuito en un funcionamiento normal, sin retornos de agua por el conducto de ozono ni sobrecorrientes en el generador:

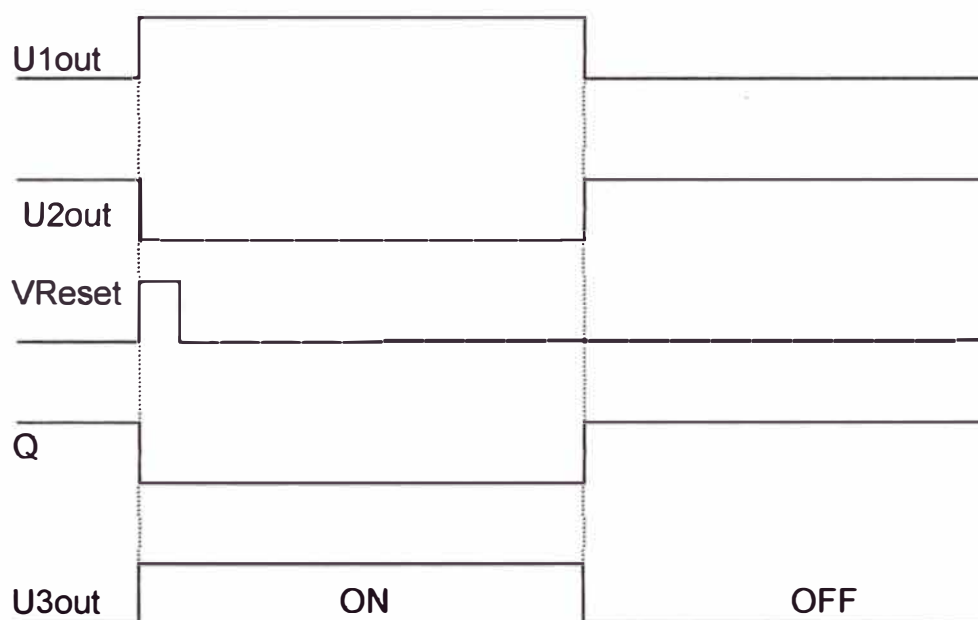


FIG. 3.12 Temporización en funcionamiento normal Modelo 100.

Bloque de control de retorno de agua

Los electrodos sensores de agua en el conducto de ozono están conectados en paralelo con R8. Al producirse retorno de agua y ante una falla de la válvula check, los electrodos entran en cortocircuito, por lo tanto la tensión de la fuente pasa a la entrada positiva de U2 cambiando el voltaje de referencia. La entrada negativa se encuentra a una tensión ligeramente menor de 12V, ya que la salida alta de un comparador no tiene esta tensión, por consiguiente U2 cambiará de estado provocando la desconexión del equipo. En figura 3.13 se observa la temporización de todo este proceso:

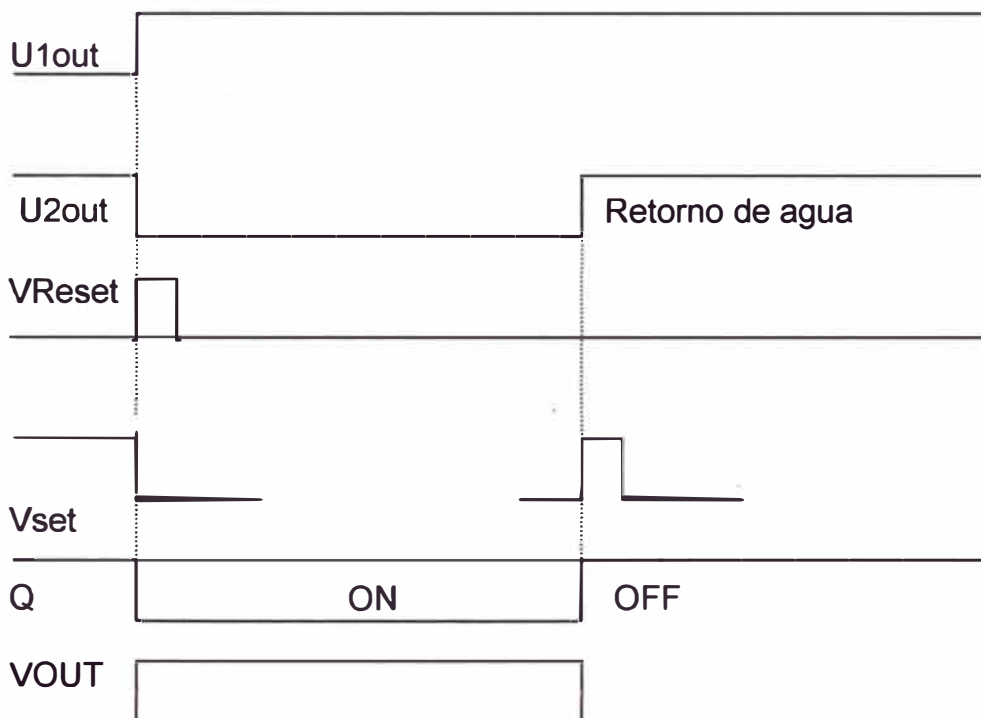


FIG. 3.13 Temporización ante retorno de agua. Modelo 100.

El pulso Vset es generado por U2 cuando éste cambia de estado bajo a uno alto debido a un retorno de agua.

Bloque de control de sobrecorrientes

En la figura 3.9 se mostró el circuito correspondiente al control de sobrecorrientes. La salida del flip flop está conectada mediante el OR cableado a la entrada asíncrona SET de U4 por medio de D1. U4 se pondrá en nivel alto ante la presencia de sobrecorrientes ocasionando la desconexión de la energía en el generador y la electroválvula. Se observa que no hay manera de reiniciar el equipo a menos que se le desconecte de la red. La figura 3.14 muestra la temporización de este proceso:

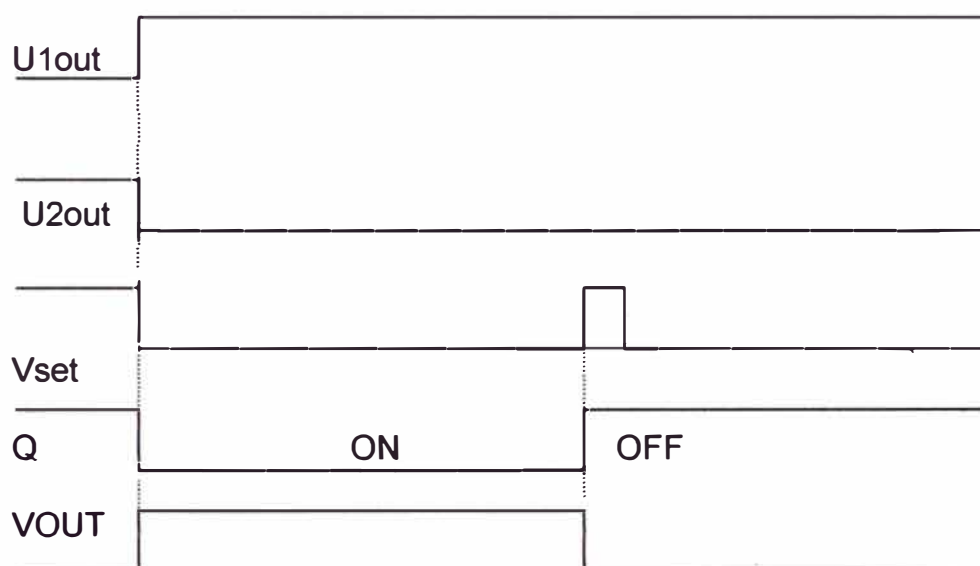


FIG. 3.14 Temporización ante sobrecorrientes. Modelo 100.

El pulso Vset es generado por U5 cuando éste cambia de estado al producirse una sobrecorriente y ésta es detectada por el circuito de la figura 3.9.

3.2.3.4 Modelo 100 D

Este modelo está especialmente diseñado para ser utilizado como ducha. Todo el circuito electrónico de control es el descrito en el punto anterior. Sin embargo para la puesta en marcha del equipo sólo es necesario

abrir la llave de paso, ya que cuenta con un sensor en el interior del tubo venturi para detectar el paso del agua y accionar el sistema. Por esta razón este equipo no tiene una electroválvula porque ésta ya no es necesaria. En la figura 3.15 se muestra este circuito al detalle. Se observa que las demás partes son iguales al del modelo 100.

En funcionamiento normal, el sensor ubicado en el tubo venturi detecta el paso del agua provocando que la tensión de la fuente llegue a la entrada positiva de U1 desencadenando todo el flujo de señales como en el modelo 100. El circuito detector de retorno de agua es igual al modelo 100.

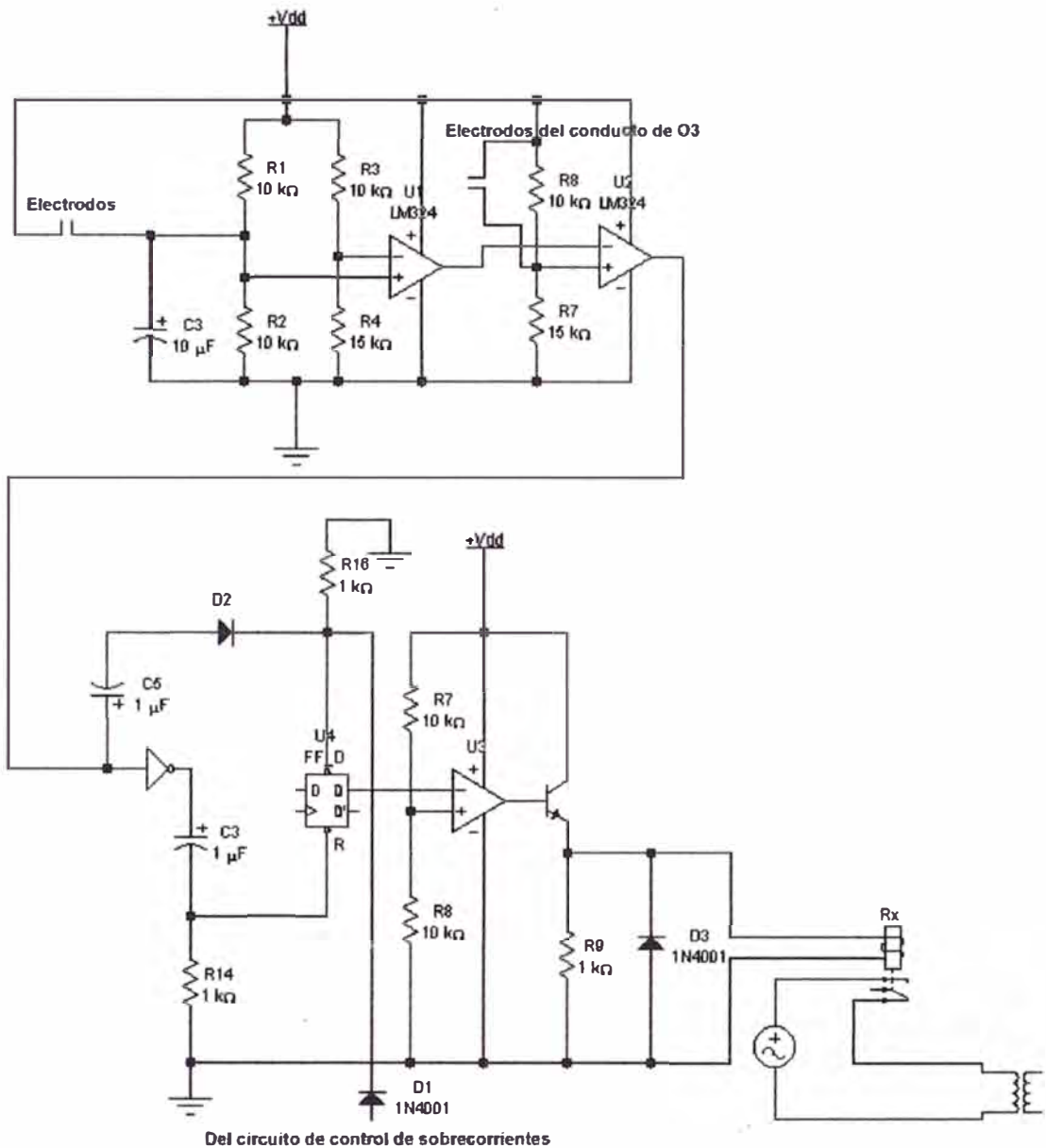


Figura 3.15 Circuito electrónico de accionamiento. Modelo 100 D.

3.2.3.5 Modelo 300

Los sistemas hidráulico y de producción de ozono son iguales a los modelos descritos. Sin embargo el control electrónico, en especial la parte de puesta en marcha es diferente, en vista que este equipo tiene tres niveles de concentración de ozono. A continuación se describe la utilización de este

equipo para poder comprender a cabalidad el funcionamiento del circuito electrónico.

Manejo del equipo

En la parte frontal el equipo cuenta con un pequeño teclado de membrana con cuatro teclas: tres para seleccionar los distintos niveles de concentración de ozono y el cuarto para desconectar el equipo. Es posible cambiar de concentración sin desactivar el equipo solamente presionando la tecla deseada. El botón de parada, sirve también para resetear el equipo cuando se producen retornos de agua mas no así sobrecorrientes.

Sistema de control

En la figura 3.16 se observa el diagrama de bloques del modelo en referencia. Como se puede observar existen algunas diferencias con respecto a los modelos 100 y 100 D debido a la necesidad de implementar la selección de distintos niveles de concentración de ozono a la salida. Continúan los lazos de realimentación para controlar probables retornos de agua y sobrecorrientes y por lo tanto el funcionamiento de ambos es el mismo que en el caso de los modelos 100 y 100 D.

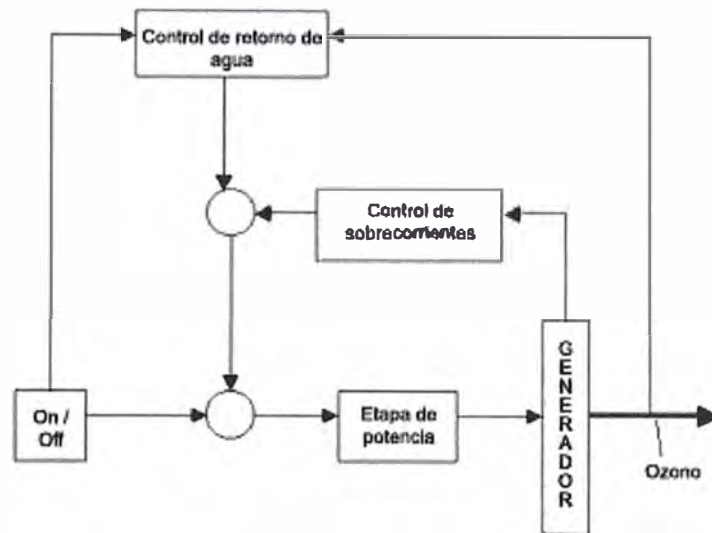


Figura 3.16 Diagrama de bloques modificado. Modelo 300.

Bloque de encendido / apagado (on / off)

Está constituido por una serie de flip flops que permiten hacer la selección del nivel de concentración de ozono a la salida así como efectuar la parada del equipo. En la figura 3.17 se observa el circuito correspondiente a este bloque.

U1, U2 y U3 constituyen los flip flops de entrada que permiten fijar el nivel deseado. Mientras que U4, U5 y U6 hacen las veces de conmutadores. A manera de ilustración se da el siguiente ejemplo: inicialmente se selecciona el nivel 1, luego de un momento se decide cambiar por el nivel 3 (es posible notar las diferentes concentraciones de ozono por la intensidad del olor). Hay que recordar que se cuenta con un teclado de membrana, lo cual es equivalente a tener pulsadores normalmente abiertos. Al pulsar la tecla correspondiente al nivel 1, U1 cambia de estado quedando fijo en nivel alto. Al mismo tiempo U4 cambia poniendo una de las entradas de U9-1 en nivel alto; también se genera un pulso en las entradas asíncronas Reset de

U5 y U6 asegurando que ambos se mantengan en un nivel bajo de manera que no se activen U9-2 ni U9-3. Se puede seguir pulsando la tecla pero U4 no cambiará de estado. De éste también parte una señal que viajará mediante el OR cableado hacia el bloque de control de retorno de agua, cuya referencia indicará que no hay paso de agua con lo que en la otra entrada de U9-1 se tendrá también un nivel alto, obteniéndose a la salida un uno lógico que activará la parte correspondiente al nivel 1 en el circuito de potencia. Este estado permanecerá inalterable hasta que se pulse cualquier otra tecla. Para el ejemplo, se ha pulsado la tecla del nivel 3, U3 cambia de estado provocando que U1 y U4 también lo hagan, ya que en sus entradas asíncronas Reset se puso un pulso para tal fin generado por U3 y de aquí en adelante el viaje de la señal es similar al caso anterior con la diferencia de que se activará U9-3 y se desactivará U9-1, cambiando de esta manera la selección de la concentración en el bloque de potencia.

Control de retorno de agua y de sobrecorrientes

El lazo de realimentación correspondiente al control de retorno de agua es similar a los modelos descritos anteriormente en cuanto a sus componentes y funcionamiento. Sin embargo es importante mencionar, que a este nivel es irrelevante saber la concentración seleccionada, sólo basta tener presente el funcionamiento del equipo; ésta es la razón de la existencia del OR cableado en la entrada de este circuito.

Por otro lado, al igual que en los casos anteriores, la referencia de voltaje es variable. Esta se encuentra a 6 V en funcionamiento normal y cuando se produce un retorno de agua el voltaje en la entrada no inversora de U7 se eleva a 12 V, con lo que a la salida se produce un cambio de estado provocando que el equipo se detenga.

En cuanto al lazo de realimentación de control de sobrecorrientes también es el mismo y por lo tanto sigue los mismos principios que para los modelos anteriormente descritos.

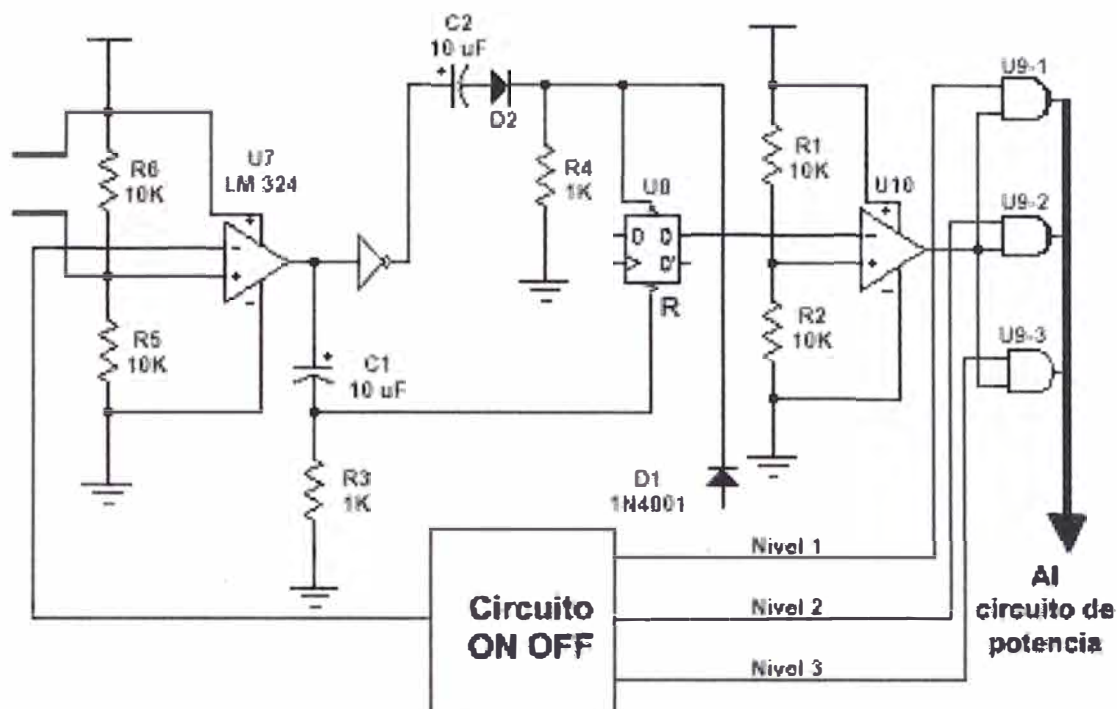


Figura 3.18 Circuito de control de retorno de agua y sobrecorrientes.

Las salidas de ambos circuitos actúan sobre las entradas asíncronas de U8. Para el primer caso en la entrada RESET y para el segundo en SET. De esta manera, cuando U8 se encuentre en nivel bajo el equipo se encontrará en funcionamiento y cuando esté puesto en uno se produce la parada total siendo necesario resetear el equipo (figura 3.18).

En la figura 3.18 no se ha incluido el circuito de control de sobrecorrientes en vista de que es el mismo de la figura 3.9, "fusible electrónico".

Circuito de potencia

Debido a la necesidad de dotar al equipo con tres niveles de concentración, esta parte del sistema es diferente al de los modelos anteriores. En este equipo, este bloque debe comportarse como un

conmutador cuya selección depende del circuito del bloque correspondiente al encendido y apagado.

El circuito consta de tres UJT y tres TRIAC. Un UJT y un TRIAC son utilizados para cada nivel. Las resistencias R14, R15 y R16 y los condensadores sirven para controlar el funcionamiento de los TRIAC`s. Cada uno de éstos, dependiendo de las resistencias, trabajará cierta cantidad de grados, dejando circular una determinada cantidad de corriente para cada concentración, siendo la menor para el nivel uno y la mayor para el nivel tres.

En el nivel de concentración uno (el más bajo), las descargas dentro del generador deben tener una duración menor, en vista de que se tiene que producir menos ozono. Por el contrario en el nivel tres se requiere que las descargas sean más prolongadas con el fin de tener mayor cantidad de este gas para ser incorporado en el agua.

En la figura 3.19 se observa el circuito que se emplea en el modelo 300. Cuando se selecciona el nivel uno funcionan Q1 y T1. De igual modo para los otros niveles respectivamente.

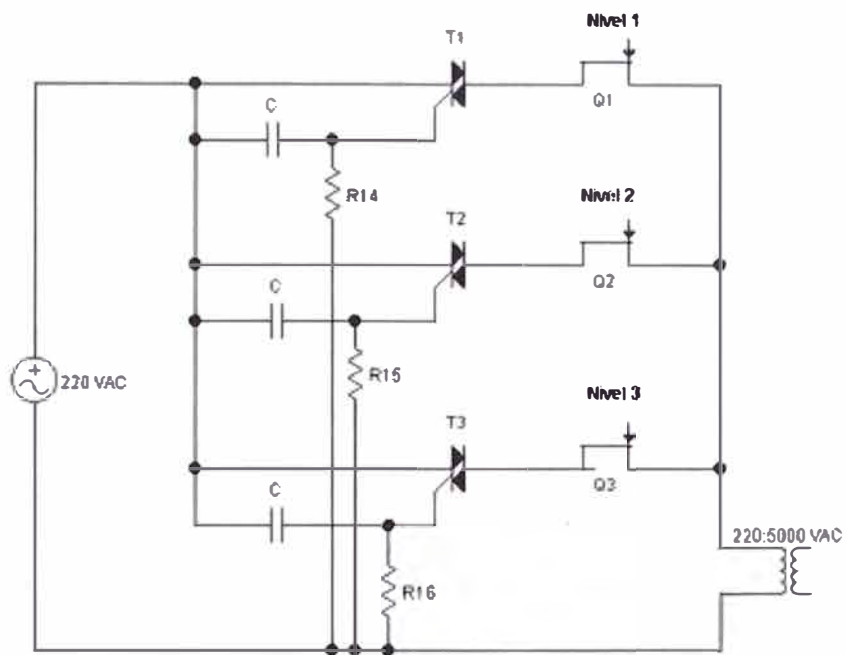


Figura 3.19 Circuito de Potencia. Modelo 300.

CAPITULO IV MANTENIMIENTO

4.1 Fallas frecuentes – soluciones

Como antecedente se debe mencionar que en los años en los que se desarrolló el trabajo existía un déficit de energía eléctrica y de agua potable. En muchas empresas, negocios, etc. se instalaron grupos electrógenos de distintas marcas, calidades y potencias dependiendo de la demanda de cada lugar. En el caso del agua potable no sólo era deficitaria sino que también la baja presión era un problema cotidiano.

Es necesario hacer hincapié en estos antecedentes pues éstos fueron la causa de fallas de los equipos instalados en la mayoría de los casos. A continuación se detalla algunos de los más importantes.

4.1.1 Ubicación de los equipos

Una de las recomendaciones para la instalación de los equipos consistía en ubicarlos de manera que el punto de salida del agua se encuentre por debajo del ozonizador. Algunos clientes realizaban por sí mismos la instalación sin tener presente la recomendación hecha por el fabricante ocasionando con esto el paso del agua por el conducto de ozono. Si bien el equipo cuenta con un sistema detector de agua eficiente en esta zona, en la mayoría de los casos como los aquí descritos, el agua no salía completamente del conducto y lo que es peor, seguía su curso hacia el

generador, provocando corto circuitos que llegaban a deteriorar completamente el tubo de pirex haciéndolo inservible.

La solución para este problema es muy simple: cambiar de lugar el equipo, verificando que la toma de agua se encuentre por debajo de éste.

4.1.2 Presión de agua

La falta de presión de agua provocaba dos problemas: baja concentración de ozono y paralización en el funcionamiento del equipo por presencia de agua en el conducto de ozono.

La baja concentración de ozono se producía al disminuir la succión desde el venturi debido a que el agua lo atraviesa con menor velocidad y esto a su vez provoca la inundación del conducto de ozono que acciona el sistema detector de agua deteniendo al equipo.

Era indispensable entonces mantener una presión constante de agua para los equipos. Se hizo las siguientes recomendaciones en los lugares donde se presentaba este problema:

1. Instalación de una bomba hidroneumática.
2. En caso de que hubiese un elevado número de puntos de agua, la hidroneumática debía mantener la presión constante sólo para los equipos. Este fue el caso del Hotel Libertador, donde se tuvo que instalar una hidroneumática en la azotea del edificio sólo para el equipo instalado en el restaurante del último piso.

4.1.3 Instalaciones a redes de agua blanda

El agua químicamente pura (H_2O), es prácticamente imposible encontrarla en la naturaleza y muy difícil de obtener en el laboratorio.

Podemos por tanto considerar, para fines prácticos, que la fórmula del agua tal cual se encuentra en ríos, lagos, manantiales, pozos, mares, etc. es la siguiente:



Donde X representa otras sustancias o impurezas del agua, pudiendo ser éstas físicas, químicas o biológicas.

Por otro lado hay que precisar los conceptos de agua dura y blanda. En su forma más simple, la dureza del agua puede considerarse como la propiedad que poseen los cationes polivalentes que en ella se encuentran; de combinarse con los jabones, formar compuestos insolubles que tienden a precipitar en tuberías, accesorios, etc.

Los cationes polivalentes que comúnmente se encuentran en el agua en cantidades significativas para causar dureza son el calcio y el magnesio.

Normalmente el agua para consumo humano sigue un cierto ablandamiento, es decir una reducción de la presencia de los cationes de magnesio y calcio de manera que se obtiene algunos beneficios tales como: economía de jabón y detergente, menos desgaste de la ropa en el lavado, evitar incrustaciones en artefactos domésticos entre otros. Una concentración de CaCO_3 adecuada es de 75 a 150 mg/lit. Sin embargo para ciertas aplicaciones industriales y clínicas es necesario ablandar aún más el agua (en este caso estamos hablando de agua blanda propiamente dicha) y se le considera como tal cuando se tiene una concentración de 0 a 75 mg/lit de CaCO_3 . Es de suponer que al disminuir la concentración de minerales el sabor cambie para el gusto de las personas.

Los laboratorios ARDAL S.A. instalaron un equipo modelo 100 a la red de agua blanda con la finalidad de llenar bidones para el consumo del personal. Al ozonizar este tipo de agua, creyeron que sería mucho mejor, ya que ésta tiene menor concentración de minerales y es más pura que la potable. Sin embargo, el sabor diferente hizo que consultaran a la empresa manifestando que el equipo alteraba las condiciones del agua y por lo tanto estaba defectuoso. Dadas las características del mismo, era poco probable que un mal funcionamiento diera mal sabor al agua, a menos que en la tubería se encuentren agentes que lo provoquen, por lo tanto, se descartó esta posibilidad y el trabajo se centró en verificar las líneas de agua, encontrando que se trataba de agua blanda, causante del "mal sabor". Producto de este pedido, es que elaboré un documento informativo en el cual se especifica los diferentes tipos de purificación del agua y las propiedades del agua blanda y potable, así como de las bondades del ACQUAVIT. Se recomendó finalmente instalar el equipo en la red de agua potable.

4.1.4 Fallas en el generador

La falla más frecuente en el generador de ozono es el corto circuito causado por diversas razones, las que a continuación se detallan:

Retorno de agua: pese a contar con una válvula antiretorno o check y el sensor de parada para cuando se presente esta eventualidad, ubicados en la manguera entre el generador y el venturi, se producían inundaciones en el generador. Las causas fueron:

1. El ozono al ser muy reactivo, deteriora la válvula antiretorno volviéndola inservible.
2. Muchas veces los retornos se producían en cantidades pequeñas no detectadas por el sensor.
3. Malas instalaciones.
4. Finalmente, ambientes demasiados húmedos cargados de partículas en suspensión como en panaderías, cocinas de restaurantes, hoteles, etc. producían cantidades de agua condensada en el interior del generador los que a la postre originan los corto circuitos.

Las soluciones fueron variadas según los casos presentados; a continuación se detalla algunas:

1. Cada vez que se revisaba algún equipo se tenía que verificar el estado de la válvula antiretorno, como una medida preventiva. Esta acción formaba parte de un protocolo de mantenimiento que se diseñó a propósito.
2. Para los locales donde la humedad ambiental y la presencia de partículas en suspensión eran altas (caso de panaderías) se recomendó colocar gel de sílica dentro del equipo y cambiar la ubicación de éste de lugares donde se encuentre cerca de maquinarias que producen partículas que quedan en suspensión a otros ambientes.

4.1.5 Sobrecorrientes fantasmas

Como ya se mencionó en el capítulo III, ante la presencia de sobrecorrientes se activa el sistema que desconecta el equipo y no se puede volver a poner en funcionamiento hasta que se detecte y solucione la falla.

En muchos casos, sobretodo al principio, se recibieron llamadas de clientes manifestando que sus equipos no funcionaban. Se encontraba el LED de señalización de sobrecorriente encendido. Se procedía a revisar todos los sistemas que pudiesen ser el origen del problema así como la tarjeta electrónica y no presentaban falla alguna.

Se realizó un análisis del circuito de sobrecorrientes en el laboratorio y se detectó que la resistencia R que va al optoacoplador no estaba acorde con nuestra realidad, es decir que, como en España la energía eléctrica tiene una frecuencia de 50 Hz, la resistencia en cuestión y el elevador fueron diseñados para esa frecuencia. A 60 Hz, en el elevador circula mayor corriente, activando innecesariamente el mecanismo de protección. Se rediseñó la resistencia dándole un valor un poco mayor y se tuvo que ir cliente por cliente para cambiar dicha resistencia así como a los equipos en stock.

4.1.6 Deterioro de los elevadores

Durante mi permanencia en la empresa, se tuvo que reemplazar casi la totalidad de elevadores en los equipos. Estos eran muy sensibles a las fluctuaciones de la tensión eléctrica, con problemas en esos años.

En la mayoría de los casos se procedió a cambiarlos una vez, pero hubo uno en particular que generó más de un problema. Es el caso del equipo vendido a FARMINDUSTRIA el cual era utilizado para la fabricación de jarabes. El procedimiento que seguían era el siguiente: hervían 10 metros cúbicos de agua por vez y esperaban que enfríe para empezar la fabricación. Con el ozonizador, eliminaron el tener que hervir el agua

ahorrando sustancialmente energía eléctrica. A este equipo se le cambió hasta en cuatro oportunidades el elevador. Se verificaron todos los sistemas del mismo y no se encontraron fallas. Sin embargo, nos mencionaron que contaban con un grupo electrógeno, el cual alimentaba al ozonizador. Se hicieron algunas pruebas y se detectó que la calidad de la tensión era deficiente. Finalmente se recomendó el uso de un estabilizador de tensión solucionando así el problema.

4.2 Protocolo de mantenimiento preventivo

En primer lugar debemos definir el concepto de mantenimiento preventivo. Se entiende por mantenimiento preventivo a aquella intervención periódica a una instalación o equipo que implique acciones de limpieza, lubricación (si fuese el caso), calibraciones, cambio de consumibles técnicos. Estas acciones permiten prever posibles fallas en el futuro, y planificar con anticipación los cambios de algunos repuestos que así lo requieran. La periodicidad de las intervenciones depende del tipo de equipo y del uso al que está sometido. De esta manera se evitan paralizaciones que conllevan a pérdidas económicas.

Un plan de mantenimiento preventivo implica la elaboración de un cronograma de las intervenciones y seguir un protocolo en cada una de ellas según el tipo de instalación o equipo; con el fin de destinar recursos monetarios, personal, materiales y repuestos.

Debido a la diversidad de clientes, no se podía programar un mantenimiento preventivo con la misma periodicidad. Por este motivo se les agrupó de la siguiente manera:

1. Tipo A: equipos que están sometidos a trabajo continuo en condiciones ambientales adversas: exceso de humedad ambiental, partículas en suspensión, mala calidad de la energía.
2. Tipo B: equipos que están sometidos a trabajo continuo en condiciones ambientales normales.
3. Tipo C: uso doméstico en cocinas y duchas.

Teniendo en cuenta la clasificación anterior se estableció la periodicidad de la intervención a cada tipo de cliente, la que se muestra en el siguiente cuadro:

TIPO	UTILIZADO EN	PERIODICIDAD
A	* Talleres de panaderías * Laboratorios farmacéuticos * Granjas	30 días
B	* Llenado de bidones * Cocinas de restaurantes * Consultorios odontológicos * Laboratorios clínicos * Peluquerías	45 días
C	* Uso doméstico	60 días

Cuadro 4.1. Plan de mantenimiento preventivo

Las fallas frecuentes hicieron que se lleve un registro histórico de cada equipo, documento en el cual se consignaron todas las intervenciones, cambio de repuestos, etc. Esto nos permitió realizar un análisis teniendo en cuenta las fallas que se presentaban con más frecuencia, las partes del equipo que estaban más expuestas a sufrir daño y además el diseño de la

tarjeta de control. Gracias a este análisis se pudo establecer un protocolo de mantenimiento preventivo general, sin embargo, dependiendo del tipo de cliente se realizan algunas acciones adicionales. A continuación se muestra el protocolo propuesto:

No	Parte	Actividad	Tipo
I SISTEMA HIDRAULICO			
1	Conexiones a la red de agua	Sin fugas, por debajo del equipo	A, B, C
2	Presión de agua	Mínimo 1.5 atm	A, B, C
3	Tubo venturi	Sin fugas	A, B, C
4	Electroválvula	Pruebas de apertura y cierre	A, B, C
5	Conducto de ozono	Seco y sin partículas	A, B, C
6	Válvula antiretorno	Sin corrosión	A, B, C
II GENERADOR DE OZONO			
1	Conexión eléctrica	Sin corrosión ni cc	A
2	Presencia de agua y partículas en el generador	Secar y limpiar completamente	A, B
3	Escobillas	Sin corrosión y en posición	A, B, C
4	Tubo de pirex	Sin rajaduras y seco	A, B, C
5	Sellos del generador	Sin fugas	A, B, C
III TAREJETA ELECTRONICA			
1	Cableado	Sin cc y según esquema	A, B, C
2	Señalizaciones	Funcionamiento adecuado	A, B, C
3	Flip-flops D	Cambio de estado correcto	A, B, C
4	Fuente de poder	Tensiones correctas	A, B, C
5	Transistores	En zona de amplificación	A, B, C
6	Optoacoplador	Accionamiento	A, B, C
7	Elevador	Tensiones de e/s correctas	A, B, C
8	Interruptores	Aplicar limpiacontactos	A, B, C
9	Relés	Aplicar limpiacontactos	A, B
IV PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO			
1		Hacer funcionar durante cinco minutos	A, B, C

Cuadro 4.2. Protocolo de Mantenimiento Preventivo

4.3 Protocolos de mantenimiento correctivo

Las acciones correctivas dependen del tipo de problema presentado.

Se tuvo presente las fallas más frecuentes y con el fin de optimizar el tiempo

de las intervenciones se establecieron protocolos aplicables para cada caso específico. Una vez terminada la intervención se procedía a cumplir con un mantenimiento preventivo de rutina.

4.3.1 Parada total del equipo

Se debe tener presente que en la mayoría de los casos, los clientes hacían sus requerimientos de reparación cuando el equipo dejaba de funcionar, entonces la primera tarea consistía en identificar el motivo de la parada:

4.3.1.1 Sobrecorriente

Primer caso: LED señalizador encendido. Normalmente cuando se producen sobre corrientes el bloque detector activa el flip-flop correspondiente y éste resetea al que acciona finalmente el relé o triac, según el modelo del cual se trate. Por consiguiente, era necesario seguir los siguientes pasos para detectar el error:

1. Desconectar el equipo de la red eléctrica.
2. Verificar en vacío el estado del elevador para descartar pérdidas de ohmiaje, en cuyo caso reemplazarlo.
3. Desarmar el generador y verificar el estado del tubo pirex. En caso de que haya sido la causa de la sobrecorriente, éste se encontrará roto en algún punto. Proceder a reemplazarlo, cuidando de que quede seco y sin partículas.
4. Verificar el circuito del optoacoplador, desconectando el elevador. Las causas de esta falla pueden ser tres: 1) la resistencia en paralelo con el diodo se encuentra en mal estado; 2) el diodo emisor está malogrado o 3)

el transistor se encuentre saturado. Proceder con el cambio del componente malogrado.

5. Verificar todos los FF involucrados con la desconexión por sobrecorriente.
6. Proceder con el protocolo de mantenimiento preventivo.

Segundo caso: el LED señalizador apagado. En este caso la sobrecorriente pudo haber sido de tal magnitud que el fusible de protección se haya abierto. Proseguir la siguiente secuencia de acciones:

1. Verificar el estado de la conexión a la red eléctrica.
2. Verificar el fusible. Reemplazarlo si fuese el caso.
3. Proceder con el protocolo del primer caso para sobrecorrientes.

4.3.1.2 Equipo fuera de servicio

Si se había verificado que el fusible esté en buenas condiciones la causa del problema no era entonces una sobrecorriente. Esta podía ser tan simple como una falla en la conexión a la red eléctrica o electrónica (más compleja), en cuyo caso seguía los siguientes pasos:

1. Desconectar el elevador.
2. Verificar el estado de la fuente de alimentación. Normalmente debe arrojar una tensión de 12 V dc. El componente más susceptible de fallas en este caso es el regulador de tensión 7812.
3. Verificar el interruptor de arranque para el caso del modelo 100, el teclado de membrana para el modelo 300 y los electrodos de conexión para el modelo 100D.
4. Verificar el estado de todos los FF.
5. Verificar los circuitos de la etapa de potencia: transistores, triacs, relé.

6. Limpieza de la tarjeta aplicando limpiacontactos.

4.3.1.3 Equipo no ozoniza

Las causas de la falta de ozonización son variadas. Se debe ir descartando paso a paso el origen de este desperfecto. Entre las más frecuentes son:

Primer caso: desconexión eléctrica. La desconexión se produce normalmente en los electrodos de los 220 V que van al elevador, debido a que no se ajustaron convenientemente los tornillos o a vibraciones existentes en el ambiente donde se encontraba el equipo. Verificar la correcta conexión.

Segundo caso: conducto de ozono. Seguir la siguiente secuencia:

1. Verificar el conducto de ozono.
2. Verificar el estado del válvula antiretorno pueda que se haya deteriorado.
3. Verificar que el tubo venturi no tenga fugas.
4. Verificar que el conducto de ozono esté bien conectado al venturi y al generador.
5. Verificar que el generador no tenga fugas.
6. Limpieza general.

Tercer caso: falta de presión. Si luego de proceder con las acciones anteriores no se encontraba anomalías el problema estaba en la falta de presión necesaria para succionar una concentración adecuada de ozono. El problema podía ser temporal, caso contrario dependiendo de la situación se recomendaba la instalación de una bomba hidroneumática o independizar el equipo de otros que pueden estar originando esta falta de presión.

Normalmente la falta de presión puede generar un problema mayor: inundación del conducto de ozono y del generador con la consecuencia de sobrecorrientes ya descritas. En este caso se debe verificar el estado del conducto de ozono y del generador.

CAPITULO V PROYECCION DEL SISTEMA

5.1 Propuesta de una pequeña planta de tratamiento

El proyecto que se presenta como propuesta es la **MODIFICACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA UNIDAD DE HEMODIALISIS DEL HOSPITAL NACIONAL SUR ESTE CUSCO** de EsSALUD.

5.1.1 Descripción de la planta

El sistema de purificación de agua para hemodiálisis en el Hospital Nacional Sur Este consta de tres etapas: pre tratamiento, un sistema principal y post tratamiento.

En la etapa de pre tratamiento se realiza el filtrado y ablandamiento del agua, luego ésta pasa al sistema de filtrado por osmosis inversa (sistema principal de tratamiento) y finalmente a la etapa de almacenamiento y bombeo del agua tratada hacia las máquinas. En la figura 5.1 se muestra el sistema completo.

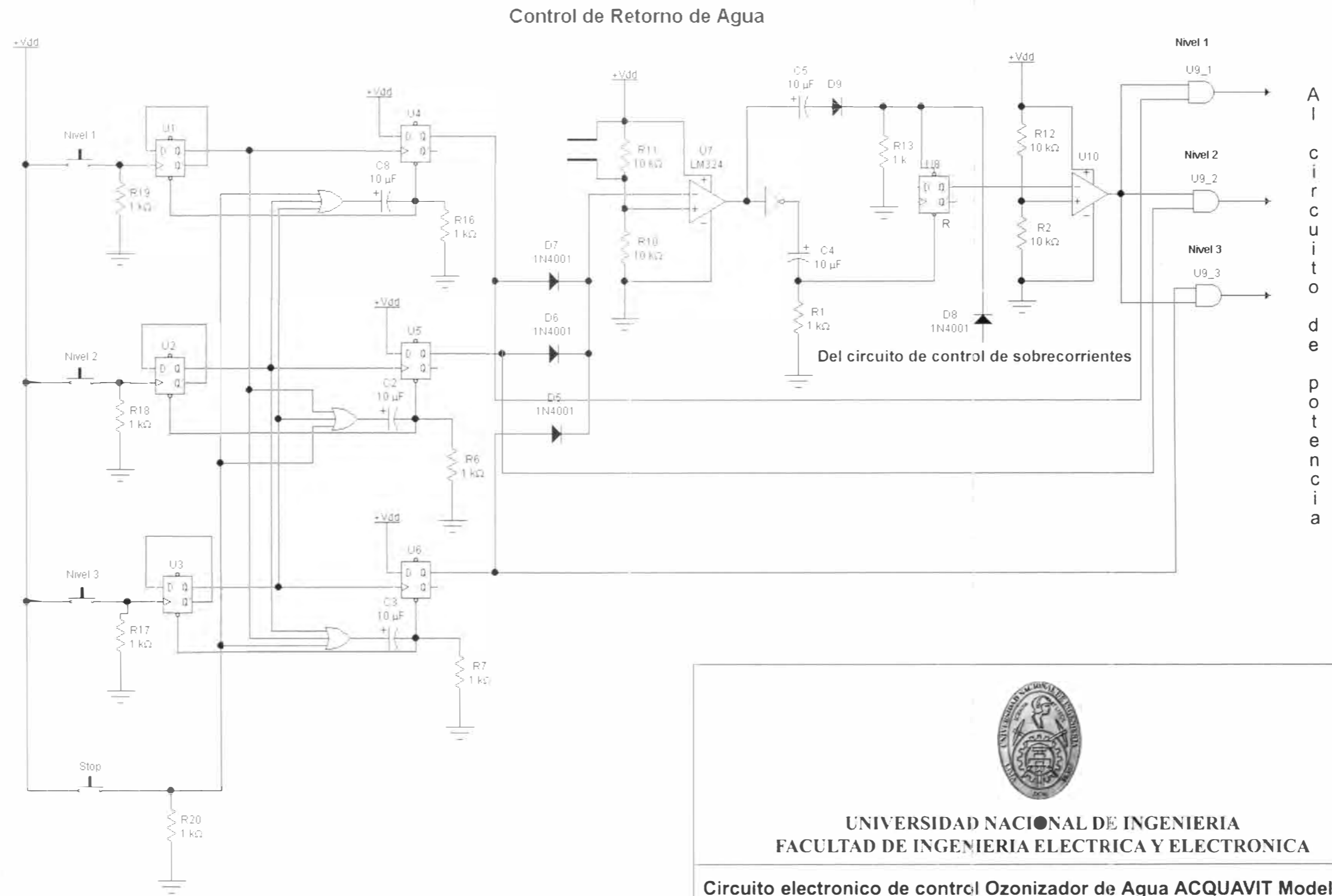
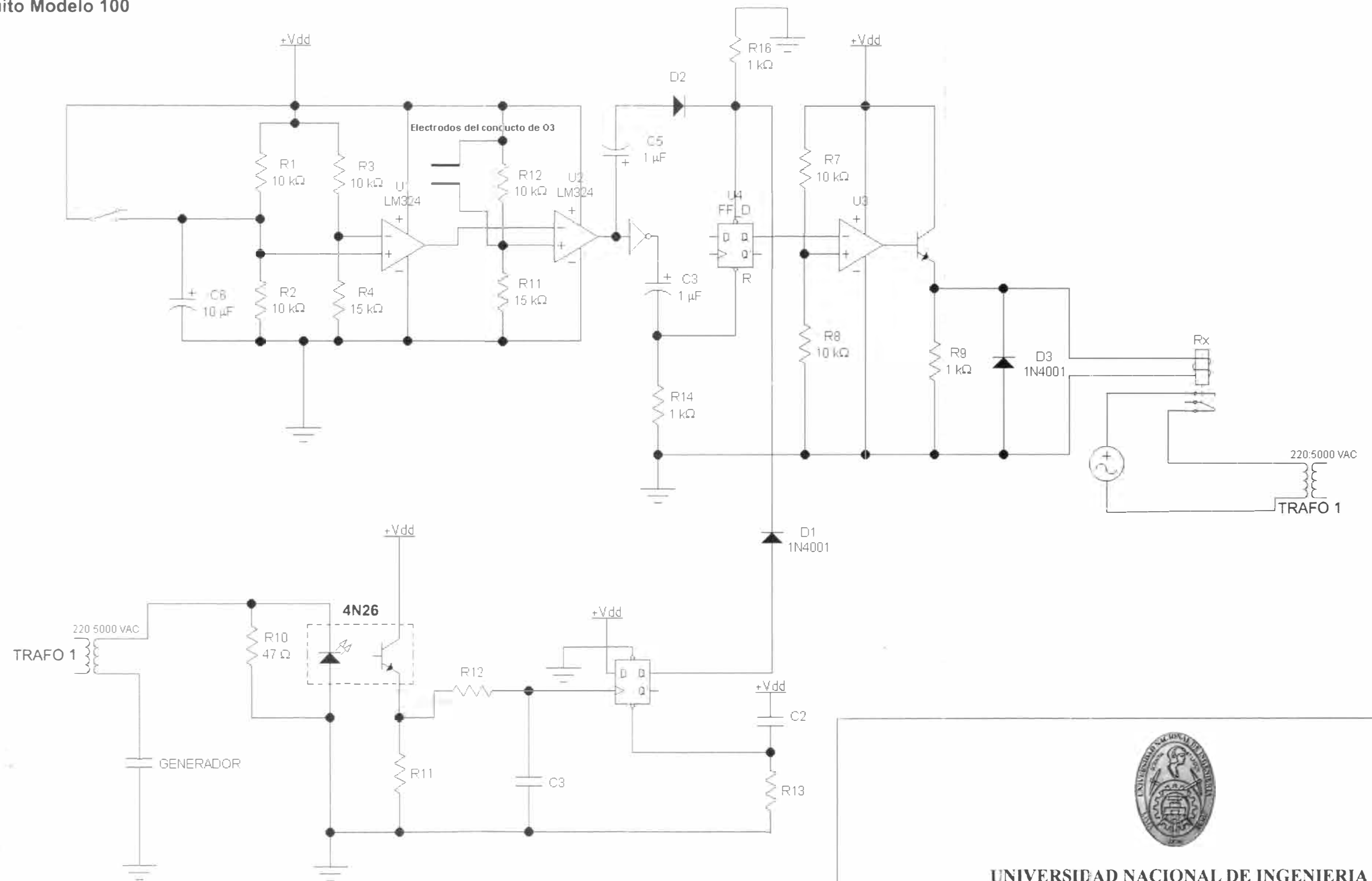


Figura 3.17 Bloque de encendido / apagado. modelo 300.

4.4 Esquemas generales

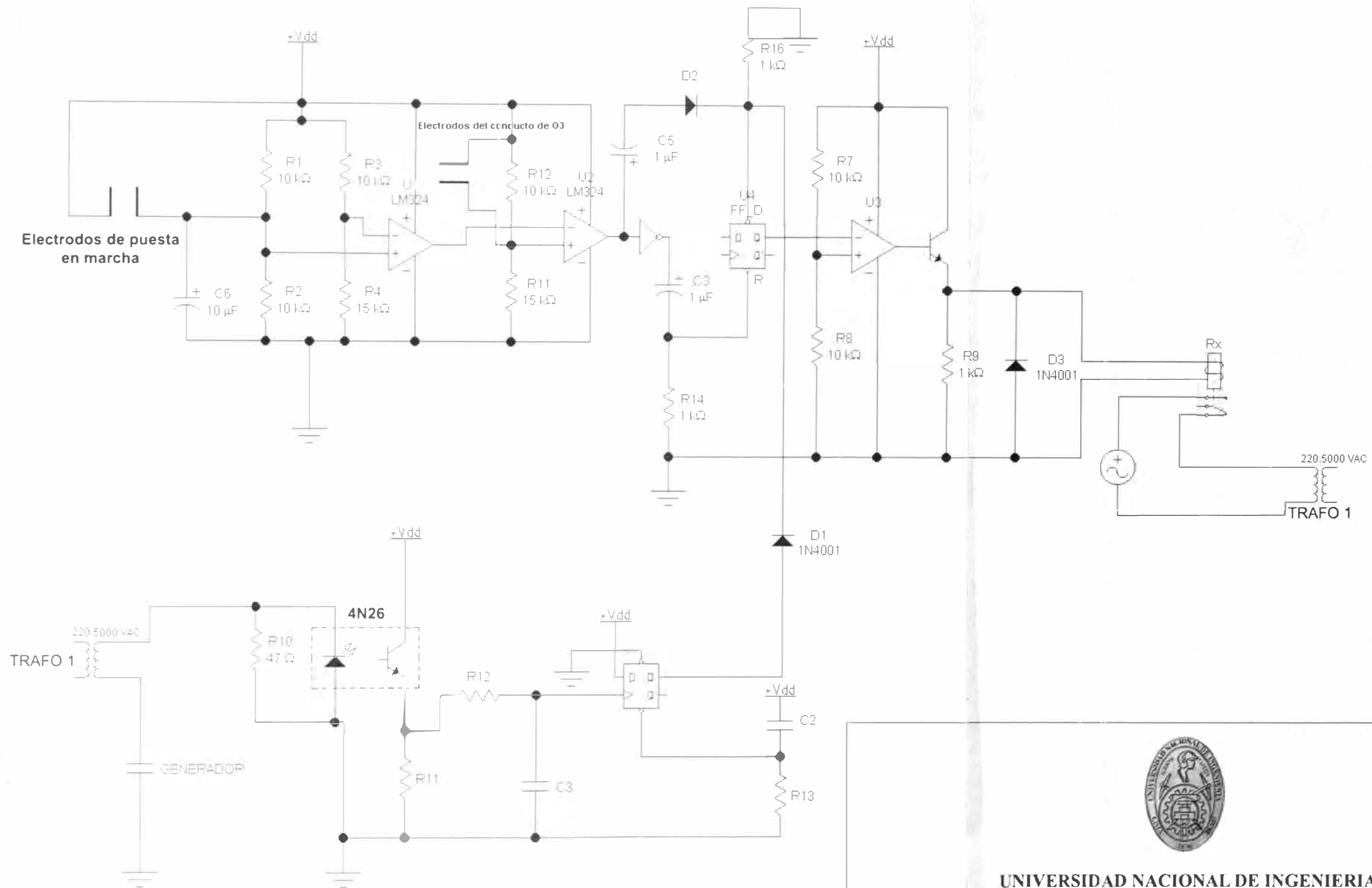
4.4.1 Circuito Modelo 100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

Circuito electronico de control Ozonizador de Agua ACQUAVIT Modelo 100

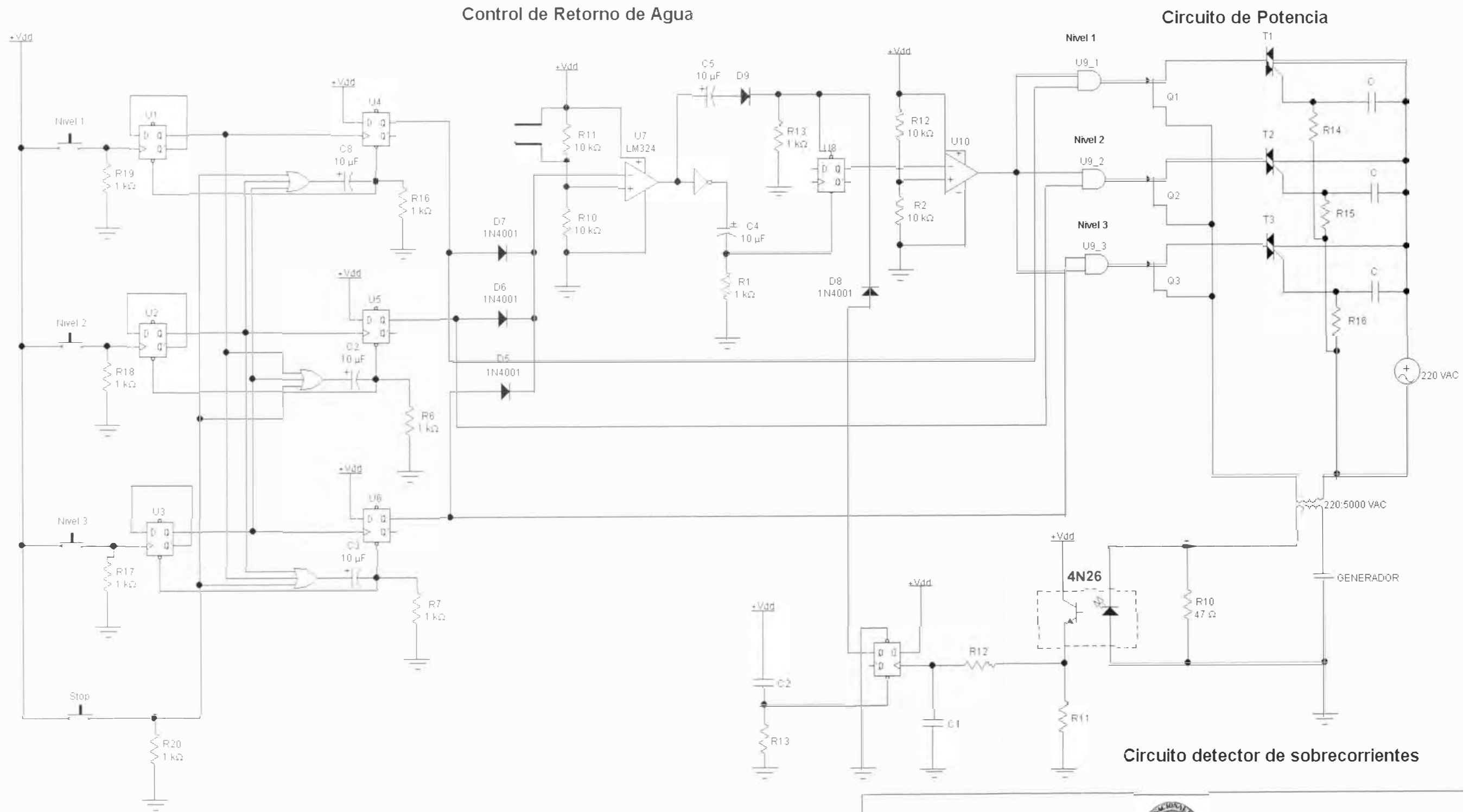
4.4.2 Circuito Modelo 100 D



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

Circuito electronico de control Ozonizador de Agua ACQUAVIT Modelo 100D

4.4.3 Circuito Modelo 300



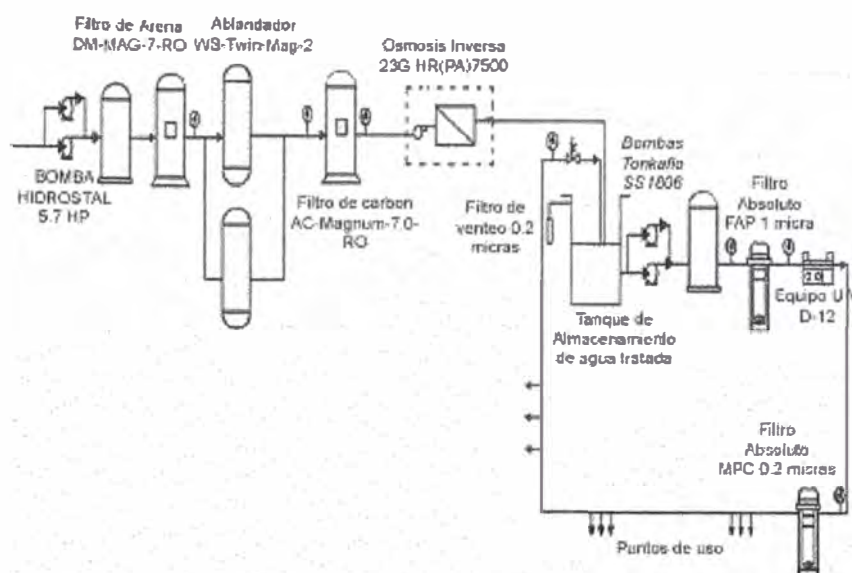


Figura 5.1 Esquema de la planta de tratamiento de agua de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Nacional Sur Este Cusco, EsSALUD.

5.1.1.1 Pretratamiento

El sistema de pre tratamiento consta de los siguientes equipos:

- a. Sistema hidroneumático de alimentación.
- b. Filtro multimedia.
- c. Ablandador.
- d. Filtro de carbón activado.

a. Sistema hidroneumático de alimentación

El agua proveniente de la casa de fuerza es almacenada en el tanque cisterna de la planta, el cual es llenado mediante dos bombas de impulsión controladas por boyas de nivel. El sistema hidroneumático en cuestión consta de dos electrobombas y un tanque hidroneumático. Las electrobombas operan alternadamente por medio de una señal del presostato fijado a una presión entre 40 a 60 psi. Con este sistema

hidroneumático se asegura el suministro constante de caudal y presión a la planta.

b. Filtro multimedia Mod. DM-MAG-7-RO Osmonics

La función principal de este filtro multimedia es eliminar los sólidos disueltos, turbidez y materiales en suspensión del agua de alimentación. Los materiales filtrantes son: antracita, arena y garnet, los cuales se encuentran estratificados, lo que permite una mayor efectividad en el proceso de filtración. El tanque contiene 7 pie³ de material filtrante. Para que opere en forma efectiva se realiza un retrolavado automático cada veinticuatro horas, comenzando a las 3:00 a.m. con una duración de treinta minutos. Se puede determinar visualmente la saturación del filtro mediante la caída de presión registrada en los manómetros de ingreso y salida. Usualmente la diferencia de presión no debe exceder a 20 psi.

c. Ablandador twin WS-TWIN-MAG-7 Osmonics

Esta instalación elimina la dureza del agua y así evita la incrustación de sales de carbonato de calcio y magnesio en las membranas del equipo de osmosis inversa. Su operación es automática: un ablandador en servicio y el otro en regeneración, operan en función del volumen de agua ablandada. Una vez que se registra el volumen total de agua ablandada el que está en espera ingresará en servicio y el otro deja de operar para iniciar su regeneración, así el sistema funciona en forma continua. La regeneración se realiza con 105 libras de sal industrial. Los ablandadores tienen 7 pie³ de resinas catiónicas. La dureza del agua al salir del ablandador es en promedio de 400 p.p.m. de CaCO₃.

d. Filtro de carbón activado Mod. AC-MAG-7-RO Osmonics

Este filtro elimina el cloro residual del agua de alimentación así como materiales de bajo peso molecular. De esta forma evita la degradación prematura de las membranas de poliamida del equipo de osmosis inversa que se ven afectadas por la presencia del cloro residual. El material filtrante es carbón activado Filtrasorb 200 Calgon, especial para esta aplicación y en una cantidad de 7 pie³. Al igual que en el filtro de arena, se ha programado para que inicie el retrolavado a las 3:30 a.m. todos los días en forma automática. En caso de no hacerlo se favorece el crecimiento bacteriológico y de patógenos debido a la ausencia de cloro residual en el agua. De esta manera se opera en forma eficiente y segura.

5.1.1.2 Sistema principal de tratamiento de agua

Sistema de osmosis inversa 23G Osmonics

El método de purificación de agua por osmosis inversa es altamente eficiente. Consta de membranas por las que circula el agua a diferentes concentraciones, debido a esto se produce un flujo del agua de menor a mayor concentración. Sin embargo, estos equipos cuentan con una bomba que fuerza al agua a fluir en sentido inverso, quedando en las membranas todos los sólidos e impurezas que pudiesen estar presentes en el agua.

El sistema de osmosis inversa utilizado en el Hospital Nacional Sur Este es de última generación y produce agua para hemodiálisis exigida por las normas AAMI. Su capacidad de producción permite alimentar 11 máquinas de hemodiálisis, reuso y servicio técnico. Cuenta con un controlador electrónico ECM100, un display digital que visualiza los valores

de los parámetros de operación en forma continua y el estado del mismo. Emite alarmas sonora y visual en el panel de ocurrencias de fallas. Ante la presencia de alguna falla, envía una señal de alarma y se apagará en forma automática. El reinicio se hace en forma manual una vez que ésta se corrige.

5.1.1.3 Post tratamiento

En esta última etapa del tratamiento del agua se cuenta con los siguientes sistemas:

- a. Tanque de almacenamiento.
- b. Sistema hidroneumático de agua purificada.
- c. Filtro absoluto de una micra.
- d. Esterilizador de agua por rayos UV.
- e. Filtro absoluto de 0,2 micras.
- f. Estación de limpieza.

a. Tanque de almacenamiento TANKPLASS

Este tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 1m^3 de agua purificada. Cuenta con un filtro de ventilación de 0,2 micras para evitar que el ambiente contamine el agua purificada. Este tanque lleva dos controles de nivel. Uno de ellos para automatizar el arranque y parada del equipo de ósmosis inversa. Si el nivel del tanque es bajo inicia el proceso de producción de agua tratada y en nivel alto ordena la parada del equipo ósmosis inversa. Se puede observar el nivel del agua mediante el visor de nivel instalado en el tanque.

b. Sistema hidroneumático de agua purificada Mod. WM-35WB WEII**Mate**

El sistema consta de los siguientes equipos: dos electrobombas multietapas en acero inoxidable de operación alterna por presión y un tanque hidroneumático de fibra de vidrio de 120 galones. Con este sistema aseguramos una presión relativamente constante en el anillo de recirculación. Los límites de presión son: 40 psi para el arranque y 70 psi para la parada.

c. Filtro absoluto de 1 micra Mod. FAP12AAS Osmonics

Este está diseñado para evitar la saturación prematura del filtro final de 0,2 micras. De esta manera extiende la vida útil de este último y optimiza el proceso de esterilización.

d. Esterilizador de agua por rayos UV Mod. D-12 Pureflow

La función de este esterilizador es eliminar los microorganismos que de alguna manera pudiesen haber sobrevivido al proceso de purificación o que hubiesen entrado en alguna parte de la línea al agua osmotizada. La lámpara UV, al estar instalada en el anillo de recirculación, permite que el agua esté expuesta a la luz ultra violeta continuamente, de esta forma el proceso de esterilización es permanente, manteniendo al agua libre de contaminación bacteriológica y de patógenos.

e. Filtro Absoluto de 0,2 micras Mod. MPC922AAS Osmonics

La función de este filtro es asegurar mediante el mecanismo de filtración que cualquier microorganismo u otro material que pudo haber

pasado por el prefiltro lleguen a los puntos de uso; de esta manera se consigue un alto factor de seguridad.

f. Estación de limpieza (CIP)

La finalidad de este sistema es efectuar periódicamente el mantenimiento preventivo de limpieza y sanitización de las membranas. La frecuencia de éste depende del uso y calidad del agua de ingreso a la planta. Usualmente es de cada 3 meses. Este sistema consta de un tanque de material inerte de 50 galones, juego de mangueras y una bomba de acero inoxidable ya que la limpieza se lleva a cabo con sustancias químicas de alto y bajo pH.

5.1.2 Sistema propuesto

Si bien el sistema de purificación de agua por osmosis inversa es altamente efectivo, el riesgo de contaminación del agua por patógenos después de haber sido filtrada aun persiste, por lo que se hace necesario asegurar su pureza hasta su llegada a los pacientes.

Actualmente la planta de tratamiento cuenta con lámparas UV las que disminuyen la presencia de patógenos. Se puede lograr mayor eficacia en la eliminación si se intercala en la línea de filtrado y purificación un **ozonizador de agua**.

De acuerdo con la oferta del mercado, encontré que la empresa AT EXPORT provee ozonizadores de agua adecuados para su utilización en la planta de tratamiento de agua de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Nacional Sur Este EsSalud del Cusco.

5.1.2.1 Cálculo de la instalación

La calidad del agua, su procedencia, el caudal de renovación, el volumen a tratar y el residual de O₃ en gr/m³ que deseamos obtener, además de otros datos que según el caso se pueda necesitar como presión en el punto de aplicación, agitación, temperatura, etc. nos permitirá elegir un modelo apropiado para el tratamiento de agua. La incorporación del ozono al agua, se rige por la ley de Henry, es decir, que las cantidades disueltas son función de la presión y la temperatura.

AT EXPORT ha desarrollado un manual de cálculo de instalaciones de ozono sobre la base de su experiencia. Este recomienda utilizar una fórmula para calcular la cantidad de ozono requerida. Esta toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Procedencia y destino.
- Tipo de instalación.
- Temperatura del agua.
- pH del agua.
- Consumo de agua.

La fórmula adoptada para la ozonización de agua es la siguiente:

$$P_n = (C_{sp} * C_{si} * C_t * C_{pH}) * \frac{Q}{4}$$

donde:

P _n	Producción mínima en gr eqv O ₃ / h.
C _{sp}	Coeficiente según procedencia o destino.
C _{si}	Coeficiente según tipo de instalación.

Ct	Coeficiente según temperatura (en grados centígrados).
CpH	Coeficiente según pH.
Q	Caudal (consumo) en m^3 / h .

Para elegir convenientemente los coeficientes es necesario saber los parámetros de la planta:

Procedencia y/ o destino: el agua proviene de la casa de fuerza del hospital previamente ablandada y el destino son máquinas de hemodiálisis, donde la pureza del agua es importante y vital.

Tipo de instalación: la planta está en circuito cerrado a un depósito.

Temperatura del agua: la temperatura promedio del agua es de $10^{\circ} C$, teniendo en cuenta las variaciones extremas de la temperatura ambiente durante el día.

Acidez del agua: El agua se mantiene con un pH entre 6,5 y 7,5 de manera que se tenga agua neutra.

Consumo: Cada máquina (dependiendo un poco de cada paciente) consume en promedio 250 litros de agua en un tiempo de 4 horas que dura el tratamiento, lo cual hace que se consuma $62.5 \text{ lt} / h$ por máquina. Se tiene un total de 15 máquinas con lo que el consumo asciende a $937'5 \text{ lt} / h$. Existen también dos máquinas en la sala de reuso que permanentemente están lavando los filtros utilizados por los pacientes. Además se provee de agua dos veces al día a otros servicios del hospital. En total se tiene un consumo aproximado de $1,3 \text{ m}^3 / h$.

De acuerdo con los datos anteriores de la planta en cuestión y basándonos en el manual, los coeficientes correspondientes son:

$$C_{sp} = 1,40$$

$$C_{si} = 1,10$$

$$C_t = 0,75$$

$$C_{pH} = 1,43$$

$$Q = 1,3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Reemplazando estos valores en la fórmula obtenemos un $P_n=0,537$ gr eqv O_3 / hr. Esta producción requerida hace que el equipo óptimo sea el ozonizador NEPTUNO V (cuadro 5.1; figura 5.2).

5.1.2.2 Características técnicas del ozonizador NEPTUNO V

Denominación	Generador de ozono
Marca comercial	Triozon
Modelo	Neptuno v = (ne v)
Aplicación	Tratamiento agua
Código	Ne005
Medidas	610x410x250 mm
Material mueble	Poliéster marina hermético
Tensión entrada	110 – 220 Voltios (según pedido)
Frecuencia	50 – 60 hercios
Consumo	54 watios
Intensidad	2,5 - 3 amperios
Producción ozono	2000 mg eqv O_3 / hora
Interruptor horario programable	LEGRAND, en el interior
Amperímetro	En el exterior de la puerta
Controles de lámpara	4
Unidades productoras de ozono	4
Excitación u.p.o.	Por CAF. Uno independiente por lámpara
Impulsión de aire	No tiene. Necesita un eyector.
Filtro aire	Filtro previo + filtro aire tr
Salida de ozono	1 BOQUILLA en la parte inferior
Toma de aire	Directa por el filtro previo
Protección	Fusible general = 3 A 2 fusibles circuitos = 3 A. Cada uno
Accesorios	Regleta conexión para la bomba en el propio equipo

Cuadro 5.1 Especificaciones técnicas del ozonizador de agua

NEPTUNO V.

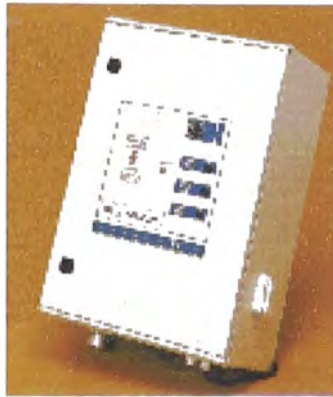


Figura 5.2 Ozonizador NEPTUNO V.

5.1.2.3 Instalaciones hidráulicas

Es importante identificar el lugar donde se instalará el ozonizador dentro de la planta de agua. De acuerdo con las características del equipo y las necesidades del servicio, el lugar más adecuado es entre el tanque hidroneumático de post tratamiento y el filtro absoluto de 1 micra (figura 5.3).

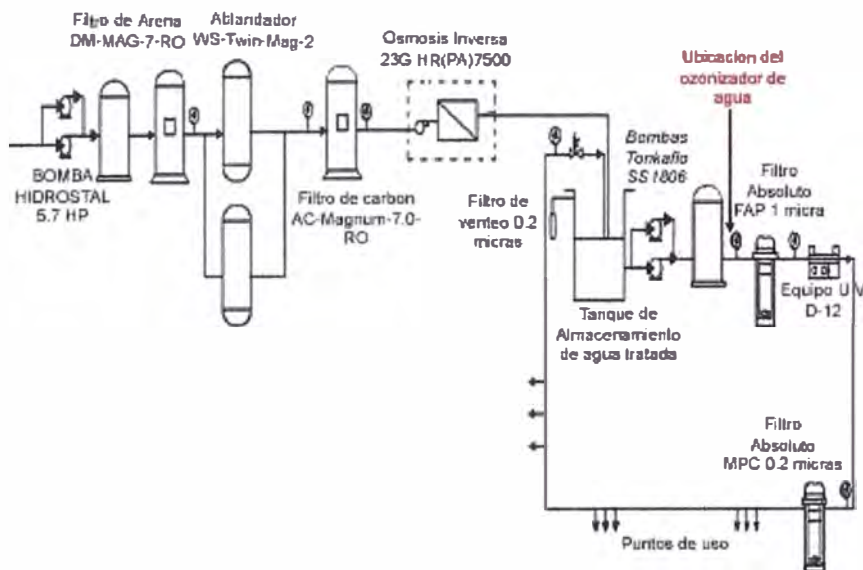


Figura 5.3 Ubicación del ozonizador NEPTUNO V.

La siguiente figura muestra el lugar donde debe ser instalado el ozonizador de agua:

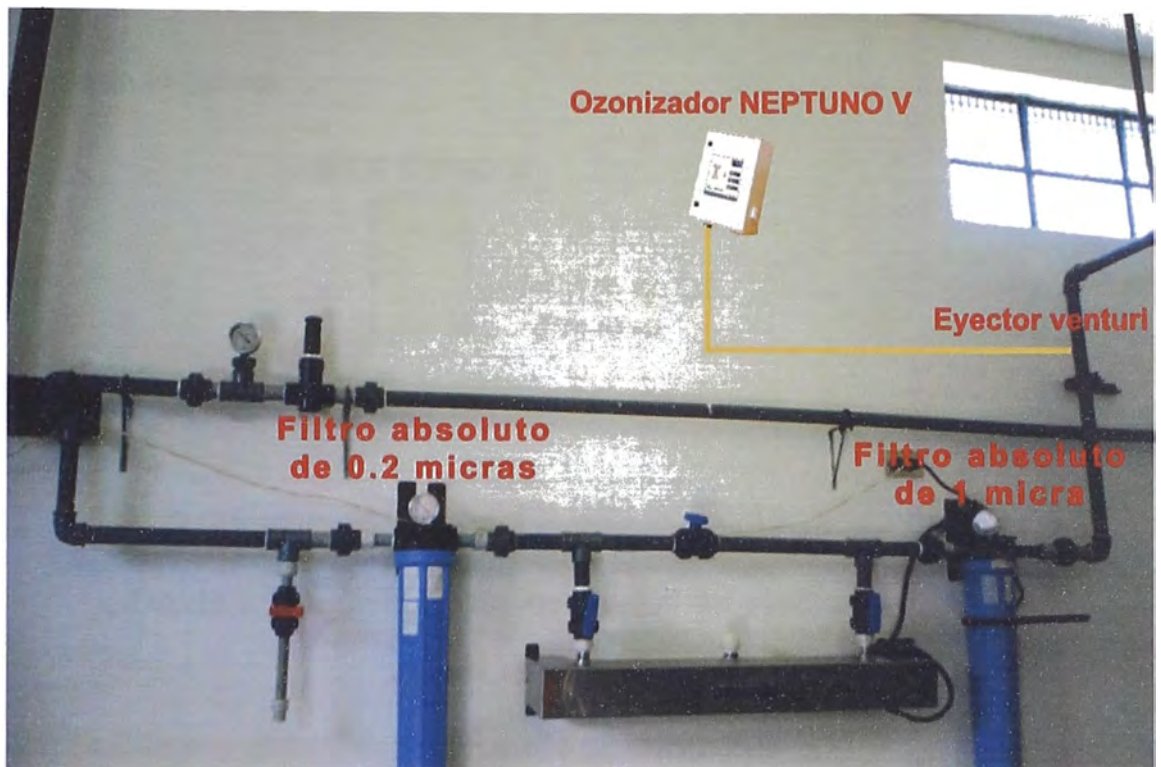


Figura 5.4 Fotografía de la ubicación del Ozonizador en la planta.

Esquema de la instalación

A diferencia de los equipos descritos en los capítulos anteriores, en el NEPTUNO V, el eyector venturi se encuentra instalado fuera del equipo, con lo que se reduce los riesgos de inundaciones. En la figura 5.5 se muestra un ejemplo de instalación de este equipo. Esta ha sido realizada en el Hospital Infanta Elena de Badajoz España:



Figura 5.5 Instalación del ozonizador NEPTUNO V en el hospital Infanta Elena, Badajoz España.

Para el presente caso, se hará el mismo tipo de conexión, siguiendo el siguiente esquema:

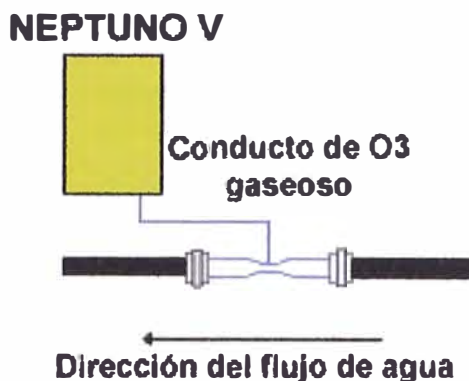


Figura 5.6 Esquema de la instalación del inyector venturi del ozonizador NEPTUNO V.

5.1.2.4 Circuito electrónico de retardo de encendido

El equipo hidroneumático de salida se acciona mediante un sensor de presión entre 40 y 70 psi. Debe introducirse un pequeño retardo para encender el ozonizador con el fin de asegurar un trabajo óptimo de éste.

El circuito que se debe implementar debe obedecer al siguiente diagrama de tiempos (figura 5.7), donde el retardo será generado por un circuito monoestable.

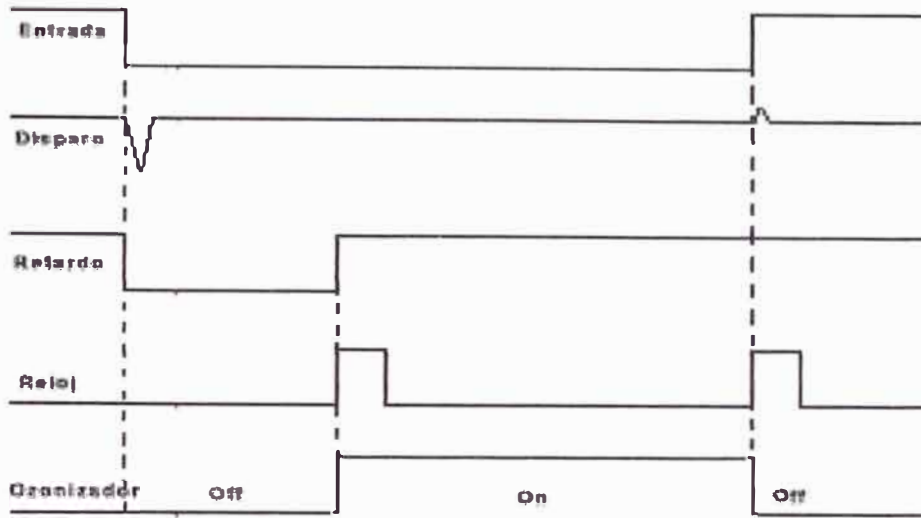


Figura 5.7 Diagrama de tiempos para el retardo de encendido del ozonizador.

El tiempo de retardo adecuado para esta aplicación es de 500 ms de manera que el flujo del agua no se vea interrumpido. Para lograr este retardo, los valores de la resistencia y del condensador conectados al circuito monoestable son:

$$R = 100 \text{ Kohms}$$

$$C = 5 \mu\text{F}$$

El circuito a implementarse es el que se muestra en la figura 5.8. La señal de inicio de la temporización es enviada por el sistema de control del equipo hidroneumático. Es necesario incluir un circuito acoplador de impedancias a la entrada; éste está constituido por dos seguidores emisivos: el primero acopla la impedancia con la fuente de señal y el segundo,

mediante la red divisora de tensión, entrega una señal estable a la siguiente etapa del circuito. El flip flop está configurado de manera que con la bajada del pulso del monoestable cambie de estado y así accione la bobina del contactor mediante el transistor.

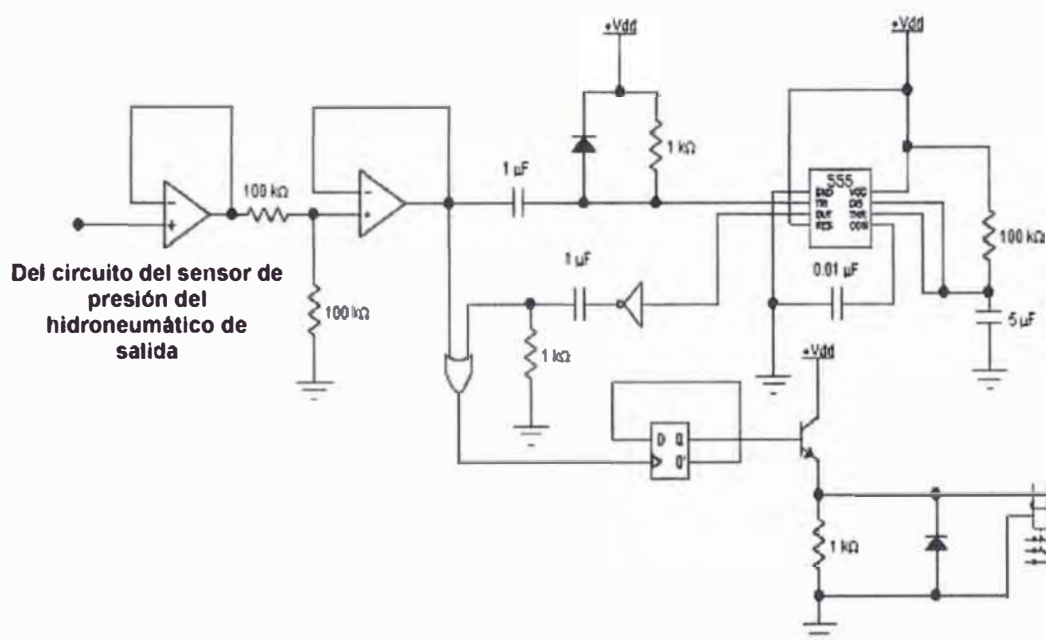


Figura 5.8 Circuito electrónico de retardo.

5.1.2.5 Mantenimiento

Para realizar las labores de mantenimiento del ozonizador, el fabricante proporciona pautas para llevarlas adelante. Se debe mencionar también que debido al trabajo continuo que tendrá es necesario hacer el mantenimiento cada vez que se haga la sanitización de las líneas, que es cuando se hace una revisión total de los equipos. A continuación se presenta estas recomendaciones:

CUADRO-RESUMEN MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS NEPTUNO		
PIEZA	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES AGRESIVAS
PRE-FILTRO	Limpieza cada 12 meses	
FILTRO AIRE TR	Cambio cada 12 meses	Cambio cada 6 meses
LAMPARAS	Limpiar cada 12 meses	Limpiar cada 6 meses

Cuadro 5.2 Mantenimiento equipos NEPTUNO

Prefiltro

Es aconsejable lavarlo con agua. Para ello desenroscar, limpiar y volver a enroscar.

Filtro TR

Es conveniente sustituirlo al cabo del año, pero si está sometido a condiciones duras (sobre todo de humedad en sótanos) debe cambiarse una vez cada seis meses como mínimo. No olvidar también que la presión de absorción del eyector venturi es mayor y ello repercute en el filtro.

5.2 Costos y Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	CAN	UNI	P. UNIT.	TOTAL NS/.
------	-------------	-----	-----	----------	------------

Equipos

Ozonizador de agua	NEPTUNO V + eyector venturi	1	Unidad	11747.25	11747.25
SUBTOTAL					11747.25

Instalaciones eléctricas

Cable		20	m	2.50	50.00
Contactador	Monofásico de 5A	1	Unidad	140.00	140.00
Tablero	30 x 25	1	Unidad	150.00	150.00
SUBTOTAL					340.00

Circuito Electrónico

Transformador	220/15 VAC	1	Unidad	10.00	10.00
Puente de diodos		1	Unidad	2.00	2.00

Diodos	Propósito general	2	Unidad	1.00	2.00
Regulador de voltaje	7812	1	Unidad	4.00	4.00
Temporizador 555		1	Unidad	3.00	3.00
Flipflop tipo D	4078	1	Unidad	3.00	3.00
Transistor		1	Unidad	2.00	2.00
Puerta OR	2 entradas	1	Unidad	3.00	3.00
Inversor	4008	1	Unidad	3.00	3.00
Condensadores	100, 10, 1 micro faradios	4	Unidad	0.50	2.00
Resistencias	1 (3), 100 Kohm	4	Unidad	0.50	2.00
Diodos LED		2	Unidad	0.50	1.00
Tarjeta electrónica	15 x 8	1	Unidad	20.00	20.00
Quemado de tarjeta		1	Unidad	20.00	20.00
				SUBTOTAL	77.00

Instalaciones hidráulicas					
Unión universal	2" PVC	2	Unidad	15.00	30.00
				SUBTOTAL	30.00

Instalación					
Mano de obra	Instalación y cableado	2	Días	50.00	100.00
Mano de obra	Picado y tarrajeo de pared	2	Días	20.00	40.00
Cemento		1	Bolsa	14.00	14.00
Arena		1	Carretilla	10.00	10.00
				SUBTOTAL	164.00

TOTAL	12358.25
--------------	-----------------

Cuadro 5.3 Presupuesto para la instalación del ozonizador NEPTUNO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El ozono es un agente desinfectante muy poderoso cuya utilización debería generalizarse, en especial a nivel doméstico y también en las plantas de tratamiento de agua potable, como en muchos países de Europa.
2. La tecnología necesaria para la fabricación de ozonizadores no es tan sofisticada, de manera que se puede llegar a manufacturar en el Perú, como una alternativa de trabajo y mejorar los niveles de vida de la población.
3. En los centros hospitalarios del Perú casi no se tiene en cuenta el riesgo de contaminación y contagios de enfermedades. Es frecuente que los pacientes contraigan enfermedades en un hospital. Mediante la ozonización del aire se puede minimizar estos riesgos.
4. Las aplicaciones del ozono son numerosas, sin embargo en nuestro país casi no se conoce todos los beneficios que puede traer su utilización. Es necesario que se haga una campaña intensiva de difusión para su utilización masiva y a todo nivel.
5. Aún estamos a tiempo, para evitar la destrucción de la capa de ozono sin la cual la vida en el planeta sería imposible y al mismo tiempo impedir que se genere a nivel del suelo, donde este gas se convierte en

un agente tóxico y nocivo para todo ser vivo. Esto se puede lograr adoptando políticas ambientalistas que eviten este deterioro. Es nuestra responsabilidad dejar un mundo habitable a las futuras generaciones.

ANEXO A
OZONO - GENERALIDADES

ANEXO A OZONO –GENERALIDADES

Un poco de historia

En el año 1758, M. VON MARUM, investigando con máquinas electrostáticas, observó la presencia de un olor característico, fenómeno que hizo constar en sus conclusiones.

Igual le sucedió a CIUKSHANK en el año 1801, al efectuar la electrólisis del agua

Hasta 1840 no se logró clasificarlo, siendo el científico SCONBEIN quien lo bautizó llamándolo "OZONO", nombre que proviene del griego y que significa "olor".

De 1840 a 1863 se pensó que se trataba de un peróxido del hidrógeno, hasta que SORET confirmó el hecho de que se trataba de un compuesto en donde aparecen solamente átomos de oxígeno y además dio la fórmula.

Si bien fueron muchos los científicos que trataron de determinar sus características, sólo M.P. OTTO fue el que logró determinar su densidad, peso molecular, producirlo y controlarlo artificialmente.

SIEMENS, en 1857, construyó el primer generador de ozono por efluvio eléctrico.

QUIMICA DEL OZONO

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno. Su molécula, O₃, se produce a partir de la activación de la molécula de oxígeno, según la reacción:



Observamos, que para formar dos moléculas de ozono se necesitan tres moléculas de oxígeno.

La fórmula propuesta por LAURY y LEWIS, basada en los llamados enlaces semipolares, permite entender las propiedades atribuidas al ozono, en su acción frente a otros compuestos químicos.

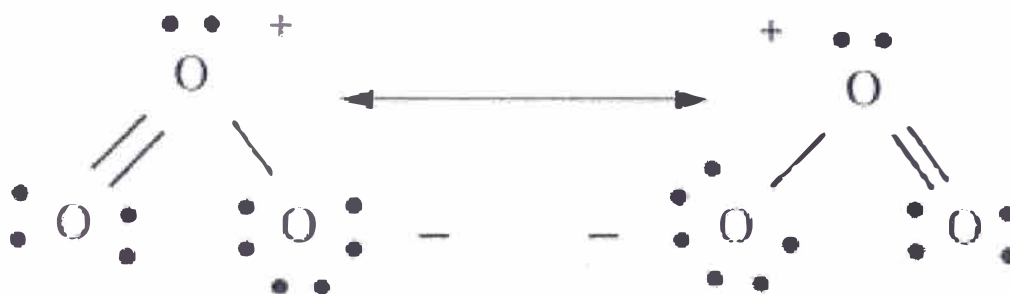


Figura A.1 Estructura molecular del ozono

El enlace simple es el más débil y susceptible de reaccionar más rápidamente. Según lo expuesto, el oxígeno naciente (estado monoatómico) formado por descomposición del ozono es el elemento más oxidante después del flúor (F). A esta acción de oxidación el ozono debe su poder, destruyendo sustancias orgánicas productoras de olores, aniquilando a la vez bacterias, virus y gérmenes de todo tipo.

- Peso molecular	48
- Temperatura de condensación	- 112° C
- Temperatura crítica	- 12.1° C
- Temperatura de fusión	- 192.5° C
- Presión crítica	54 atm.
- Densidad (líquido a - 182° C)	1,572 gr/cm ³
- Peso del litro de gas (a 0 2° C y 1 atm.)	2,144 gr
- Es 1,3 veces más pesado que el aire.	

Cuadro A.1 Propiedades químicas del ozono

Obtención del ozono

El ozono se puede obtener por procedimientos Físicos - Químicos, que a continuación se detallan:

- Por electrólisis del ácido perclórico concentrado a -50° C entre Cátodo de Plomo (Pb) y Ánodo de Platino (Pt). Este procedimiento no es rentable desde el punto de vista industrial y mucho menos doméstico.
- Por lámparas ultravioletas entre longitudes de onda de 1.942 a 1.949 A. Este sistema de obtención de ozono no es recomendable ya que al movernos en longitudes de onda muy corta, sus radiaciones son semejantes a las producidas por los Rayos X emisores de fotones, los cuales actúan sobre los tejidos vivos provocando su destrucción.

Solubilidad

En el agua presenta gran solubilidad, medida ésta por el coeficiente de equilibrio entre la fase líquida y la fase gaseosa para las mismas condiciones de presión y temperatura:

$$K = \frac{C_1 \text{ en fase líquida (mgr/l)}}{C_2 \text{ en fase gaseosa (mgr/l)}}$$

No obstante, el equilibrio sólo se alcanza en el momento en que todas las materias reductoras existentes en dichas fases se hayan oxidado. Queda siempre residual en el agua, siempre que nosotros estemos aportando ozono para neutralizar la acción de materias reductoras que se puedan ir formando, y el agua esté purificada y apta para el fin al cual se ha destinado.

Condiciones de estabilidad

En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es inestable; aumentando dicha inestabilidad por incremento de temperatura y humedad, llegando a ser total por encima de los 200⁰ C. Después de lo anteriormente expuesto podemos decir que el ozono es:

- Después del flúor, el compuesto más oxidante, debido a su facilidad de captar electrones.
- De fácil descomposición.
- En estado gaseoso es ligeramente azul; azul oscuro en fase líquida y rojo oscuro en fase sólida.

- Presenta estructura molecular típicamente angular entre los tres átomos de oxígeno que componen su molécula.
- A igualdad de condiciones, es más estable en el agua que en el aire.

Acción destructiva del ozono

El ozono realiza su acción destructora de tres formas:

- Acción oxidante en la cual, interviene un solo átomo de oxígeno, (potencial de Oxidación $E_o = 1,5 \text{ V.}$). Estas reacciones son oxidaciones simples, con alta velocidad de reacción (prácticamente instantáneas).
- Por ozonólisis, con formación de ozonuros (HO_3)- Interviene en este caso la molécula entera de ozono sobre las sustancias orgánicas. Estos ozonuros son muy inestables transformándose en compuestos distintos al de la molécula orgánica que intervino en su formación.
- Catalizando el efecto oxidante del oxígeno O_2 , que no ha intervenido en la formación del ozono.

Las dos últimas son bastante complejas y lentas, necesitándose concentraciones elevadas para que aparezcan de una manera detectable.

ANEXO B
ULTRAFILTRADO

ANEXO B ULTRAFILTRADO

Ultrafiltración

La ultrafiltración es una forma de filtración que utiliza membranas para separar diversos líquidos o iones. Es utilizada comúnmente para aislar de componentes no deseables en una solución. Una de las aplicaciones que demuestra su utilidad es la recuperación de la pintura de la electrodeposición. En este caso la pintura, integrada por una resina, el pigmento y agua se separan en dos secuencias para que puedan ser reutilizadas. La ultrafiltración es capaz de concentrar las bacterias, algunas proteínas, y los componentes que tienen un peso molecular mayor de 10 000 daltons. La ultrafiltración no es eficaz en la separación de secuencias orgánicas.

Ósmosis inversa

La ósmosis inversa, también conocida como hiperfiltración, es la filtración más fina conocida. Este proceso permite el retiro de partículas tan pequeñas como los iones presentes en una solución.

La ósmosis inversa se utiliza para purificar el agua y para quitar las sales y otras impurezas, mejora el color, el gusto o las características del líquido. Puede ser utilizada para purificar líquidos como el etanol y el glicol, los que pasarán a través de una membrana, mientras que otros iones y contaminantes

no. Es capaz de rechazar bacterias, sales, azúcares, proteínas, partículas, tintes y otros componentes que tengan un peso molecular mayor de 150 - 250 daltons. Su uso más común es en la purificación de agua. La probabilidad de que los iones disueltos que llevan una carga, como sales, sean rechazados por la membrana es mayor de aquellas partículas que no están cargadas, por ejemplo los compuestos orgánicos. Cuanto más grande sea la partícula tendrá mayor probabilidad de ser rechazada.

La ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable, permitiendo al líquido que se está purificando pasar a través de ella, mientras que rechaza los contaminantes. La mayor parte de la tecnología de ósmosis inversa utiliza un proceso conocido como cruce de corrientes para permitir que la membrana se limpie continuamente. El proceso de la ósmosis inversa requiere de una fuerza impulsora para empujar el líquido a través de la membrana, ésta se consigue mediante la presión de una bomba.

ANEXO C
ESTERILIZACIÓN UV DEL AGUA

ANEXO C ESTERILIZACION UV DEL AGUA

Sistemas de esterilización

La eliminación de microorganismos patógenos del agua debe ser una prioridad. En una instalación de agua esta esterilización del medio se realiza principalmente con dispositivos emisores de rayos ultravioletas (U.V.) o bien mediante la inyección de ozono (O₃) en el agua.

Es recomendable el uso del ozono cuando se requiera de una esterilización total del sistema de agua. La actividad germicida del ozono es tan elevada, que llega a destruir e impedir la formación del filtro biológico.

Radiación ultravioleta germicida

Dentro del espectro lumínico podemos encontrar una zona entre los 2000 a 2 800 amgstrom de longitud de onda, limitada por el violeta y el azul del espectro visible, y los rayos X, invisibles, que produce una radiación de efecto altamente germicida. La longitud de onda más eficaz es 250 nm, que se encuentra dentro del rango de emisión UV de un fluorescente germicida comercial (100 a 280 nm). Este tipo de radiación se denomina radiación UVC.

Eliminación de microorganismos

Los rayos de luz ultravioleta UVC destruyen con gran eficacia una gran variedad de microorganismos que nadan libres en el agua. Estos son

eliminados debido al efecto destructivo que ejerce esta radiación sobre las moléculas del ácido nucléico celular. La degradación del núcleo de la célula produce la muerte instantánea del organismo.

La casi totalidad de los microorganismos que sufren una exposición directa de radiación UVC son destruidos. Principalmente, son eliminados del agua las bacterias, virus, esporas de hongos, algas libres y protozoos con fase nadadora (como pueden ser los dinoflagelados *Oodinium* y *Cryptocarium*).

Instalación de un equipo de UVC

La unidad de radiación UVC se debe colocar en un sitio que permita un fácil acceso para realizar funciones de mantenimiento, fuera de las salpicaduras del agua y tenga una buena circulación de aire para evitar un incremento innecesario de la temperatura del agua, y de los componentes del propio aparato.

Se debe conectar a la salida de un filtro exterior que realice una buena filtración mecánica, con lana de perlón o esponja, y una absorción de colorantes orgánicos mediante carbón activo. Esto contribuye a mantener la eficacia de la unidad.

Estructura de un equipo de esterilización ultravioleta

Una unidad de UVC comercial para sistemas domésticos presenta una estructura interna general muy parecida entre los diferentes modelos que podemos adquirir en el mercado. Normalmente se trata de un fluorescente UVC germicida que se dispone dentro de un tubo de cristal de cuarzo. El agua impulsada por el filtro hermético exterior circula por un espacio

reducido de unos 5 o 6 mm. de anchura por fuera del tubo de cuarzo. Se suele utilizar cristal de cuarzo porque permite el paso de la radiación UVC mientras que el vidrio que realiza una filtración de estas longitudes de onda del espectro. El equipo se completa con la unidad de estabilización, de lastre o reactancia/cebador, según el modelo.

Normalmente las conexiones a la unidad suelen ser de un plástico semitransparente que nos permite apreciar sin ningún tipo de riesgo (la luz UVC es peligrosa para los ojos) el funcionamiento de la misma.

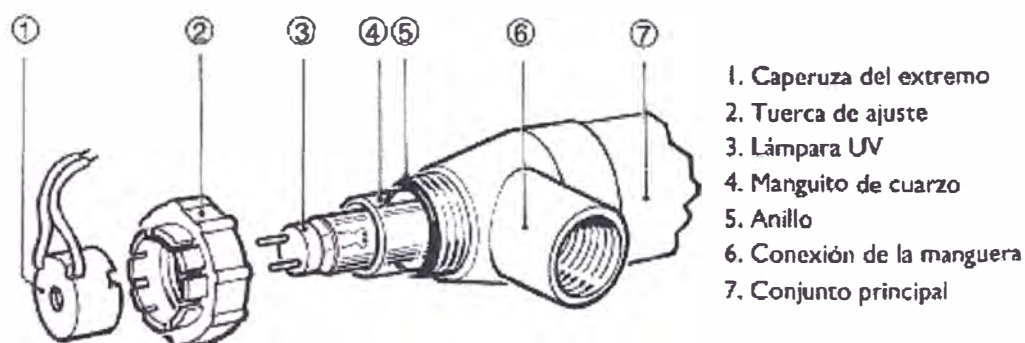


Figura D.1 Estructura de un equipo comercial de esterilización UV.

Factores que reducen la eficacia del sistema de esterilización UV

Existen muchos factores que si no se toman en cuenta pueden reducir en forma muy apreciable la eficacia de la unidad.

Es esencial, como ya hemos mencionado, que el agua que entra en la unidad esté perfectamente libre de sustancias en suspensión y no contenga colorantes orgánicos.

Es importante mantener con exactitud la velocidad de flujo recomendada por el fabricante. Si éste resultara demasiado lento se desarrollarán más

microorganismos de los que se eliminan, y si fuera demasiado rápido muchos gérmenes pasarían de largo sin verse afectados.

ANEXO D

MANUAL DE CALCULO DE INSTALACIONES DE OZONIZACION



Cálculo de Instalaciones de Ozonización

**Desinfección de
Aire y Agua.**

**Conservación
de Alimentos.**

**Inhibición de
Enfermedades
del Aire
Acondicionado.**



CALCULO DE INSTALACIONES

INDICE

INTRODUCCIÓN

1- TRATAMIENTO DEL AIRE

1.1- AMBIENTES CON PERSONAS

1.1.1- VIVIENDAS PARTICULARES

1.1.2- AMBIENTES PÚBLICOS

1.2- INSTALACIONES INDUSTRIALES

1.2.1- CAMPANAS EXTRACTORAS

1.2.2- FOSAS SÉPTICAS

1.3- CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

1.3.1- CAMARAS DE FRUTAS - VERDURAS - FLORES

1.3.2- CAMARAS DE CARNE - PESCADOS - EMBUTIDOS

1.3.3. - CAMARAS-VITRINAS PASTELERÍAS

1.4- CRÍA DE ANIMALES

1.5- HARINERAS

2- TRATAMIENTO DEL AGUA

2.1- AGUA EN GENERAL

2.2- AGUA PARA RIEGO DE PLANTAS (VIVEROS)

2.3 - INSTALACIONES GANADERAS

2.4- ACUARIOS DE PECES

2.5- AGUA PARA AMASADO DE PAN

2.6- DEPÓSITOS DE VIVIENDAS (TINACOS)

2.7- PISCINAS

2.8- LAVADO DE ALIMENTOS

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

El Manual de Cálculo que tiene en sus manos responde a una minuciosa labor de experimentación realizada por toda nuestra distribución a lo largo de los más de veinte años que TRIOZON en sus diversas etapas lleva como fabricante de Generadores de Ozono. Es obvio indicar que todas estas experiencias han sido llevadas a cabo con nuestros equipos, por lo que **este Manual es válido única y exclusivamente para el tratamiento con los equipos TRIOZON.**

No pecamos de presunción si afirmamos que no existe en el mundo un Manual de Cálculo semejante para la determinación de producciones mínimas a instalar siempre encuadradas en el concepto de "**ozonización de coeficiente reducido**", es decir, por debajo de los diez gramos (eqv.)/Hora.

Con este Manual no se trata vender uno o varios modelos de equipos Generadores de Ozono TRIOZON, ni tampoco una serie de producciones o miligramos por hora, sino que lo que se pretende en el fondo es **solucionar un problema** de desinfección del medio ambiente.

El presente Manual es un instrumento de trabajo vivo, y como tal los coeficientes plasmados entran dentro de una tipificación standard susceptible de modificación en tanto en cuanto el distribuidor o el vendedor contraste bajo experimentación esta posibilidad. No obstante, salvo algunos retoques e incorporación de nuevos mercados, este Manual está siendo fielmente utilizado en veinte países con total garantía desde hace dos décadas.

Podemos afirmar que si determinamos de forma correcta la producción (y por lo tanto el equipo adecuado) y efectuamos perfectamente la instalación, las probabilidades de éxito en una operación están garantizadas. Existe, pues, un complemento entre generador e instalación.

Todas las producciones de cada una de las fórmulas adoptadas se refieren a "producciones mínimas necesarias". Esto significa que ya que no hay un equipo para cada producción, el vendedor deberá tomar de nuestra amplia gama de equipos, aquél cuya producción sea igual o inmediatamente mayor, siempre bajo las normas específicas para cada instalación.

En cualquier caso, el vendedor siempre puede valorar con mayor precisión las características de un determinado tratamiento y optar por el equipo que considere más adecuado. Así, si para la desodorización de una oficina la producción resultante tras los cálculos pertinentes es de 38 mg eqv. O₃/hora, posiblemente el vendedor crea suficiente instalar un equipo Modelo GS con producción de 35 mg eqv. O₃/hora.

1. TRATAMIENTO DEL AIRE

La norma fundamental que hay que cumplir cuando se plantean tratamientos de aire varía, diferenciando entre:

- AMBIENTES DONDE NO PERMANECEN PERSONAS

Concentraciones variables según diferentes casos (entre 0,1 y 0,2 p.p.m.).

- AMBIENTES DONDE HAY PERSONAS PERMANENTEMENTE

En este caso, y según las normativas mundiales vigentes, la concentración de ozono no deberá sobrepasar los 0,1 p.p.m. en volumen.

CON NUESTROS SISTEMAS, EQUIPOS Y EMPLEANDO ESTE MANUAL DE CÁLCULO, NUNCA SOBREPASAREMOS LOS 0,1 mg. O₃/m³, O LO QUE ES LO MISMO: 0,05 p.p.m. EN VOLUMEN.

En este caso nos podemos encontrar con diferentes necesidades de ozono por hora, aunque el volumen del local sea el mismo. Por ello necesitamos conocer principalmente:

- 1- Volumen del local tratar
- 2- Número de personas que se encuentran por término medio
- 3- Actividad que se desarrolla en el local

Solamente con estos tres datos podemos determinar la producción mínima necesaria de ozono para tratar el ambiente donde existen personas de forma permanente.

1.1 AMBIENTES CON PERSONAS

$$P_n = [(V * RH) + (NP * RP)] * CM$$

siendo :

- P_n = Producción mínima a instalar en mg.eqv.O₃/hr.
- V = Volumen del local en metros cúbicos (m³).
- RH = Número de renovaciones/hora por volumen.
- NP = Número medio de personas que confluyen en el local.
- RP = Número de renovaciones por persona.
- CM = Concentración adecuada para confort.

Vamos a diferenciar entre locales particulares donde no existe actividad profesional y locales con actividades profesionales o locales públicos donde existe afluencia de personas.

1.1.1 VIVIENDAS PARTICULARES

TIPO ACTIVIDAD	RH	RP	CM
Dormitorio	0,5	10	0,2
Salón - Comedor	1,5	20	0,2
Cocina	3	20	0,2
Despacho	0,5	10	0,2
Cuarto de baño	3	20	0,2
Cuarto de estar	2	20	0,2
Almacén - Garaje	5	30	0,2

1.1.2 AMBIENTES PÚBLICOS

TIPO ACTIVIDAD / LOCAL	RH	RP	CM
ACADEMIAS	2	20	0,2
ALMACENES EN GENERAL	2	25	0,2
ALMACENES DE FRUTAS	5	30	0,2
ARCHIVOS	1,5	20	0,2
ASCENSORES	2	20	0,2
ASEOS PÚBLICOS	5	--	0,2
ASEOS OFICINAS	4	--	0,2
ASILOS	2	20	0,2
AUTOBUSES	0,5	10	0,2
AUTOCARAVANAS	0,5	10	0,2
AUTOESCUELAS	2	20	0,2
AUTOMÓVILES	0,5	20	0,2
BALNEARIOS	2	20	0,2
BIBLIOTECAS	1,5	20	0,2
CAFETERÍAS CON AIRE ACOND.	2	25	0,2
CAFETERÍAS SIN AIRE ACOND.	4	25	0,2
CARAVANAS	0,5	10	0,2
CARNICERÍAS	5	30	0,2

TIPO ACTIVIDAD / LOCAL	RH	RP	CM
CASINOS	5	30	0,2
CINES	6	--	0,2
CLÍNICAS MÉDICAS	2	20	0,2
CLÍNICAS VETERINARIAS	2	20	0,2
COCINAS COLECTIVAS	5	30	0,2
COLEGIOS (AULAS)	1,5	20	0,2
COMEDORES	2	20	0,2
COMERCIOS EN GENERAL	1,5	20	0,2
CONSULTAS MÉDICAS	2	20	0,2
CHARCUTERIAS	5	30	0,2
DESPACHO DE FUMADORES	1,5	25	0,2
DESPACHO SIN FUMADORES	1	20	0,2
DISCOTECAS	2	25	0,2
ENTIDADES BANCARIAS	2	20	0,2
FABRICA DE MADALENAS	3	20	0,2
FABRICA DE EMBUTIDOS	5	30	0,2
FABRICA DE MUEBLES	4	25	0,2
FARMACIAS	2	25	0,2
FREIDURIAS	3	20	0,2
GARAJES	5	30	0,2
GIMNASIOS	2	25	0,2
GUARDERÍAS	1,5	20	0,2
HOSPITALES	2	20	0,2
HOTELES (HABITACIONES)	1,5	20	0,2
IMPRENTAS	4	25	0,2
JOYERÍAS (TALLER)	2	25	0,2
OBRADORES	3	20	0,2
OFICINAS EN GENERAL	1,5	20	0,2
ÓPTICAS	2	20	0,2

TIPO ACTIVIDAD / LOCAL	RH	RP	CM
PANIFICADORAS	3	20	0,2
PASILLOS	1,5	--	0,2
PELUQUERÍAS	2	20	0,2
PESCADERÍAS	5	30	0,2
POLLERIAS	5	30	0,2
PUBS	2	25	0,2
QUIRÓFANOS	2	20	0,2
RESTAURANTES	2	25	0,2
SALA DE CONFERENCIAS	2	25	0,2
SALA DE DESPIECE MATADEROS	4	25	0,2
SALA DE ESPERA	2	20	0,2
SALA DE JUEGOS	2	25	0,2
SALA DE JUNTAS	2	20	0,2
SALA DE MANIPULACIÓN	4	25	0,2
SALÓN BINGO	5	30	0,2
SALÓN DE BELLEZA	2	20	0,2
SERIGRAFIAS	4	25	0,2
SUPERMERCADOS	2	20	0,2
TALLERES	3	20	0,2
TEATROS	6	--	0,2
TINTORERÍAS	4	25	0,2
VELATORIOS	2	20	0,2
VENTA ANIMALES VIVOS	10	25	0,2
VESTÍBULOS	1,5	--	0,2
VESTUARIOS	3	--	0,2

NOTAS :

- 1- Las actividades cuyo coeficiente RP = 0 (--) indican que no es sustancial el número de personas que pueda haber en el local, debido a una asistencia temporal o fugaz.

- 2- Cuando la instalación del equipo se realiza aprovechando la conducción de **AIRE ACONDICIONADO CENTRALIZADO** es necesario aumentar la producción resultante en un 25%, debido a las adversas condiciones que representa este tipo de instalación: mayor número de gérmenes, de humedad, de temperatura,...

Con lo cual la fórmula quedaría:

$$P_n = [\{ (V * RH) + (NP * RP) \} * CM] * 1,25$$

1.2 INSTALACIONES INDUSTRIALES

1.2.1 - PEQUEÑAS CAMPANAS EXTRACTORAS DE HUMOS

La fórmula que hay que aplicar es la siguiente:

$$P_n = \frac{Q}{L} * 12$$

siendo :

- P_n = Producción mínima a instalar en mg eqv. O_3 /hr.
 Q = Caudal de extracción en m^3 /hora. ($Q < 2000 m^3$)
 L = Longitud del conducto de extracción en metros.

NOTA: Este tipo de instalación requiere un proceso previo de reducción de humos por medio de filtros electrostáticos.

1.2.2 - FOSAS SÉPTICAS

$$P_n = V * 15$$

NOTA : Nunca debe haber personas en el interior. En el momento de entrar, desconectar el equipo.

1.3 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS (Transporte Frigoconservado)

Este cuadro es principalmente para tratamiento de cámaras frigoríficas. **Los mismos coeficientes son válidos para determinar el equipo necesario para transporte frigorífico.**

En cámaras frigoríficas la presencia de personas no tiene importancia para realizar los cálculos, ya que el tiempo de permanencia de los operarios dentro de la cámara es irrelevante.

1.3.1 CAMARAS FRIGORIFICAS DE FRUTAS - VERDURAS - FLORES

$$P_n = (V * RH) * CM$$

TABLA CÁMARA FRUTA-VERDURA	RH	CM
AGUACATE	6	0.3
ALCACHOFA	4	0.3
APIO	4	0.3
CALABAZA	4	0.3
CEBOLLA	4	0.3
CHAMPIÑÓN	4	0.3
COL	4	0.3
COLIFLOR	6	0.3
ESPÁRRAGOS	4	0.3
ESPINACAS	4	0.3
FRESAS	4	0.3
GRANADAS	5	0.3
HIGOS	4	0.3
KIWI	6	0.3

TABLA CÁMARA FRUTA-VERDURA	RH	CM
LECHUGA	4	0.3
LIMA	4	0.3
LIMÓN	6	0.3
MAÍZ	5	0.3
MANDARINA	6	0.3
MANGO	6	0.3
MANZANA	4	0.3
MELOCOTÓN	4	0.3
MELÓN	6	0.3
NABOS	6	0.3
NARANJAS	6	0.3
OLIVAS	4	0.3
PATATA	6	0.3
PEPINO	4	0.3
PERA	4	0.3
PIÑA	6	0.3
PLÁTANO	3	0.3
RÁBANO	4	0.3
SANDIA	4	0.3
TOMATE	4	0.3
UVA	5	0.3
UVA VINIFERA	4	0.3
ZANAHORIA	6	0.3
FRUTAS VARIOS TIPOS	4	0.3
FLORES EN GENERAL	3	0.3

1.3.2 CAMARAS FRIGORIFICAS DE CARNE - PESCADO - EMBUTIDOS

CAMARAS CARNES -PESCADOS	RH	CM

CAMARAS CARNES - PESCADOS	RH	CM
CARNE GRASA	2	0.3
CARNE MAGRA	5	0.3
EMBUTIDOS	10	0.3
HUEVOS	4	0.3
JAMÓN (CÁMARA FRIGORIFICA)	6	0.3
MARISCO	6	0.3
PESCADO EN GENERAL	6	0.3
QUESOS	10	0.3

NOTA: Esta tabla sirve para aplicar también en vitrinas de exposición cerradas o semi-cerradas.

Para los almacenes de secado de jamones y curado de embutidos (no cámaras frigoríficas) introducimos otro coeficiente (RJ) a multiplicar por el número de piezas existentes en la sala de secado natural. De esta manera:

$$P_n = [(V * RH) + (NJ * RJ)] * CM$$

TABLA SECADERO DE JAMONES	RH	RJ	CM
JAMÓN (SECADO NATURAL)	4.5	0.9	0.3
EMBUTIDOS (CURADO)	4.5	0.2	0.3

1.3.3. CAMARAS-VITRINAS PASTELERÍA

CAMARAS-VITRINAS	RH	CM
PASTELERÍAS	3	0,3

1.4 CRÍA DE ANIMALES

Para realizar el cálculo pertinente, utilizaremos la misma fórmula que para el tratamiento de aire, siendo los coeficientes CV (Coeficiente de volumen) y CNUMA (Coeficiente del número de animales) NUMA excluyentes, es decir, cuando uno de ellos tiene un valor distinto de cero el otro toma el valor cero.

$$P_n = [(V * CV) + (NUMA * CNUMA)]$$

TIPO DE ANIMAL	CV	CNUMA
CARACOLES	1.1	0
CERDOS CEBADERO	0	5
CERDOS MATERNIDAD	0	60
CERDOS TRANSICIÓN	0	15
CODORNICES	0	0.17
CONEJOS	1.5	0
INCUBADORAS	8	0
POLLOS BROILER	0	0.18
PONEDORAS	0	0.25
TERNEROS	0	15

1.5 HARINERAS

La fórmula a aplicar es la siguiente:

$$P_n = \frac{PDH}{10} * 1,5$$

siendo:

P_n : Producción mínima a instalar en mg eqv. O_3 /hr.
 PDH : Producción diaria en Kg

2 - TRATAMIENTO DEL AGUA

2.1 - AGUA EN GENERAL

Los parámetros utilizados para determinar la producción necesaria de ozono en un tratamiento de agua van en función de varios condicionantes:

- Temperatura : Quanto más baja sea la temperatura mejor será el rendimiento.
- pH : La ozonización adquiere un mayor rendimiento con un pH cercano a 7.
- Procedencia o destino : Obviamente la calidad del agua difiere del tratamiento previo a la ozonización y/o del uso que se le vaya a dar.
- Presión : El tipo de instalación condicionará el rendimiento final según la variación en el punto de mezcla ozono-agua.

SIEMPRE QUE SEA POSIBLE SE RECOMIENDA LA INSTALACIÓN EN CIRCUITO CERRADO A UN DEPÓSITO CON INYECCIÓN DEL OZONO MEDIANTE EYECTOR VENTURI

Fórmula adoptada:

$$P_n = (C_{sp} * C_{si} * C_t * C_{pH}) * \frac{Q}{4}$$

siendo :

- P_n = Producción mínima en gr eqv.O₃/hr.
- C_{sp} = Coeficiente según procedencia o destino.
- C_{si} = Coeficiente según tipo de instalación.
- C_t = Coeficiente según temperatura (grados centígrados).
- C_{pH} = Coeficiente según pH.
- Q = Caudal (Consumo) de agua en metros cúbicos por hora.

TABLAS PARA TRATAMIENTO DE AGUA EN GENERAL

COEFICIENTE SEGÚN PROCEDENCIA / DESTINO	C_{sp}
Aguas de consumo tratadas en origen	1.15
Aguas de consumo en poblaciones	1.18
Aguas de aljibes con posibilidad de infiltraciones de aguas de	1.20

COEFICIENTE SEGÚN PROCEDENCIA / DESTINO	C_{sp}
riego	
Aguas para embotellado	1.20
Aguas torre de refrigeración	1.22
Aguas para la industria alimentaria	1.22
Aguas para fábrica de hielo	1.25
Aguas de pozo en zonas rurales	1.25
Aguas de poca rotación o de almacenamiento	1.25
Aguas para criadero de animales (viveros)	1.30

COEFICIENTE SEGÚN TIPO DE INSTALACIÓN	C_{si}
Tratamiento por DIFUSIÓN en depósito a más de 2 metros	1.25
Tratamiento por DIFUSIÓN en depósito a menos de 2 metros de profundidad (SOLO CON EQUIPOS PISCIS DE LA GAMA TX)	1.35
Tratamiento en tubería con EYECTOR. Consumo constante	1.15
Tratamiento en CIRCUITO CERRADO con EYECTOR en depósito.	1.10

COEFICIENTE SEGÚN TEMPERATURA	C_t
5° Centígrados	0,73
10° Centígrados	0,75
15° Centígrados	0,78
17° Centígrados	0,85
18° Centígrados	1,00
20° Centígrados	1,20
25° Centígrados	1,30
30° Centígrados	1,50
34° Centígrados	1,75
35° Centígrados	1,90

COEFICIENTE SEGÚN pH	C _{pH}
7,00	1,05
7,50	1,43
8,00	2,15
8,50	3,12
8,85	6,66
9,20	20,00

2.2 - AGUA PARA RIEGO DE PLANTAS (VIVEROS)

A la fórmula general del agua añadimos dos factores más: un coeficiente de seguridad fijo (=1) y la distancia máxima a recorrer por el agua ya tratada (=D). De esta manera:

Fórmula adoptada:

$$P_n = [C_f + (C_{sp} * C_{si} * C_t * C_{pH})] * \frac{Q}{4} * \frac{D}{50}$$

siendo :

- C_f = Coeficiente de seguridad según residual de ozono necesario. C_f = 1.
- D = Distancia máxima a recorrer por el agua ya tratada. (D < 100 m.).

2.3 - INSTALACIONES GANADERAS

La fórmula general que modificada al introducir un nuevo concepto: la distancia máxima desde el punto de ozonización hasta el punto de consumo. Además, se tiene en cuenta como coeficiente el rango del caudal (consumo).

Fórmula adoptada:

$$P_n = (CAG * CMTR) * \frac{Q}{4}$$

siendo :

- P_n = Producción mínima en gr.eqv.O₃/hr.
- CAG = Coeficiente según rango de caudal.
- CMTR = Coeficiente según máxima distancia de suministro.
- Q = Caudal (consumo) de agua en metros cúbicos por hora.

RANGO DE CAUDAL (m ³ /hora)	CAG
Q < 1 METRO CÚBICO /HORA	1,20
1 METRO < Q < 2 METROS CÚBICOS / HORA	1,50
Q > 2 METROS CÚBICOS/HORA	2,00

MÁXIMA DISTANCIA DE SUMINISTRO (MTS.)	CMTR
DISTANCIA < 25 METROS	1,10
25 MTS <DISTANCIA < 100 METROS	1,20
DISTANCIA > 100 METROS.....	2,00

2.4 - ACUARIO DE PECES

También utilizable para pequeñas balsas de marisco. Por regla general, son necesarios 10 mg eqv. O₃/hr. por cada 100 litros de agua. Así (en agua dulce):

$$P_n = V * 0,1$$

siendo:

- P_n = Producción mínima en mg eqv. O₃/hr.
- V = Volumen de agua del acuario en litros.

Cuando se trata de agua salada, se requieren 14 mgr. eqv. O₃/hr. por cada 100 litros, por lo que la fórmula queda como sigue:

$$P_n = V * 0,14$$

2.5 - AGUA PARA AMASADO DE PAN

Para calcular la producción necesaria de ozono de un tratamiento de agua para realizar el amasado del pan tomaremos la siguiente fórmula:

$$P_n = 15 * \frac{V}{H}$$

siendo :

- P_n = Producción mínima en mg.eqv.O₃/hr.

- V = Volumen de agua en litros.
 H = Tiempo en minutos que dura el aporte de agua al amasado.

2.6 - DEPÓSITOS DE VIVIENDAS (TINACOS)

Para obtener el equipo necesario para el tratamiento de agua en depósitos de viviendas unifamiliares (tinacos) hay que tener en cuenta varios aspectos, como son el volumen del depósito, número de personas y temperatura.

Los equipos adecuados pertenecen a la Línea Semi-industrial y se instalan mediante difusor directamente al depósito.

Fórmula adoptada:

$$P_n = 30 * (C_v * C_p * C_t)$$

siendo :

- P_n = Producción mínima en mg eqv.O₃/hr.
 C_v = Coeficiente según volumen en litros del depósito.
 C_p = Coeficiente según número de personas que conviven.
 C_t = Coeficiente según temperatura.

VOLUMEN DEL DEPOSITO	C_v
< 100 LITROS	1,00
100 LITROS ≤ V < 250 LITROS	1,25
250 LITROS ≤ V < 500 LITROS	1,50
500 LITROS ≤ V ≤ 1000 LITROS	2,50

NUMERO DE PERSONAS QUE CONVIVEN	C_p
UNA (1) O DOS (2) PERSONAS	1,00
TRES (3) O CUATRO (4) PERSONAS	1,10
CINCO (5) O MÁS PERSONAS	1,20

TEMPERATURA °C	C_t
≤ 20° C	1,00

TEMPERATURA °C	C _t
≥ 21° C	1,50

2.7 - PISCINAS

Como normas fundamentales y obligatorias, tenemos que observar:

- La corrección del pH debe realizarse independientemente del tratamiento con ozono. El pH debe situarse en 7,2 quincenalmente.
- A pesar de la ozonización, debe incorporarse al agua un porcentaje de un 20% de "Cloro" y sucesivamente ir reduciéndolo constatando la perfecta desinfección de la piscina. Es conveniente que permanezca un 5% de Cloro o productos clorados como mínimo. Lo mismo podemos decir respecto a los algicidas.

Una piscina no es sino un depósito con muy pocas aportaciones de agua (no se puede hablar de consumo de agua), por lo tanto vamos a tener en cuenta dos factores muy

LA INSTALACIÓN DEBE REALIZARSE SIEMPRE SIGUIENDO LOS ESQUEMAS DE LA HIDRAULICIDAD INVERTIDA TRIOZON

importantes como son:

- **volumen de agua de la piscina**
- **factor horario, o tiempo de funcionamiento de la ozonización.**

Fórmula adoptada:

$$P_n = (C_p * C_v * C_t) * \frac{V}{8 * H}$$

siendo :

- P_n** = Producción necesaria en gramos de ozono por hora.
C_p = Coeficiente según instalación (tipo de piscina).
C_v = Coeficiente según volumen de agua (metros cúbicos).
C_t = Coeficiente según temperatura.
V = Volumen de la piscina en metros cúbicos.
H = Tiempo de funcionamiento de la ozonización en horas/día.

NOTAS :

Nuestros sistemas solamente son apropiados para tratar volúmenes inferiores a 200 metros cúbicos de vaso de piscina. Para mayores volúmenes no es rentable y además hay muchos problemas de instalación y rendimiento

SI SE QUIERE TENER ÉXITO EN LA OZONIZACIÓN DE UNA PISCINA ES IMPRESCINDIBLE UTILIZAR LA HIDRAULICIDAD INVERTIDA TRIOZON. CON CUALQUIER OTRA VARIANTE NO EXISTE GARANTÍA DE BUEN FUNCIONAMIENTO

TIPO DE INSTALACIÓN DE LA PISCINA	C _p
CIRCULACIÓN INVERTIDA: Toma total por skimmers y/o rebosadero y salida por el fondo (sumidero)	1,00
HIDRAULICIDAD INVERTIDA TRIOZON: Toma por boquillas y salida por sumidero con skimmers anulados durante la ozonización.	1,10
CLÁSICA CON BOQUILLAS PROFUNDAS: Toma del 50% por skimmers y 50% por sumidero. Boquillas de aportación alrededor de la piscina con profundidad ∃ 1 metro.	1,15
CLÁSICA : Toma del 50% por skimmers y 50% por sumidero. Boquillas de aportación alrededor de la piscina con profundidad ∃	1,20

TIPO DE INSTALACIÓN DE LA PISCINA	C _p
40 centímetros.	
PISCINA SIN SKIMMERS	1,25
APORTACIÓN LATERAL: Toma del 50% por skimmers y 50% por sumideros. Boquillas de aporte en un sólo lado de la piscina.	1,35

RANGO DEL VOLUMEN DE LA PISCINA	C _v
V ≤ 100 metros cúbicos	1,10
100 < V ≤ 200 metros cúbicos	1,20
V > 200 metros cúbicos	1,30

TEMPERATURA DEL AGUA DE LA PISCINA	C _t
≤ 25° Centígrados	1,10
25° C < T ≤ 30° C	1,30
31° C	1,38
32° C	1,45
33° C	1,50
34° C	1,60
35° C	2,00

2.8 - LAVADO DE ALIMENTOS

La fórmula de PISCINAS es también válida para otro tipo de aplicaciones en las que apenas exista consumo de agua. Este es el caso de las balsas de lavado o calibrado de alimentos (manzanas, naranjas, plátanos, etc.).

Para este tipo de aplicación, tomaremos como Coeficiente según Instalación:

$$C_p = 1,5$$

CONCLUSIONES

Como ha podido observar durante la lectura o manejo de este Manual, hemos pretendido abarcar el máximo de posibilidades para resolver un problema funcional como es la determinación del equipo necesario para colocar en según qué tipo de instalación.

Ya indicamos en la introducción que este Manual está elaborado gracias a la experiencia de nuestros distribuidores, de varios países y a lo largo de los años de trabajo y referido única y exclusivamente, es obvio, a los Generadores de Ozono TRIOZON.

Parece que al leer este documento se necesiten medir muchos parámetros, sobre todo en agua, como temperatura, pH, volumen, etc. sin embargo es seguro que el cliente conocerá estos datos y que si no fuera así se puede fácilmente medirlos o estimarlos.

Este Manual, unido a nuestra gama de equipos constituye una herramienta para la desinfección y desodorización de aire y agua. Cuando se calcula una instalación, no se está vendiendo Generadores de Ozono, ni siquiera una cantidad de ozono por hora, sino una **solución a un problema existente** dentro del campo de la Ingeniería Medio-Ambiental.

MANUAL DE CÁLCULO TRIOZON

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

COPYRIGHT © 7790-1992

Por último, queremos agradecer a toda nuestra distribución su inestimable colaboración a la consecución de las anteriores y de la presente Versión de nuestro Manual de Cálculo de Instalaciones, e instarles a seguir enviándonos Certificados de uso, resultados de instalación y modificaciones o correcciones a la presente Versión.

DEPARTAMENTO TÉCNICO TRIOZON

BIBLIOGRAFIA

1. OGATA, K. Ingeniería de Control Moderna. 1980. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
2. DISTEFANO J; STUBBERUD A.R; WILLIAMS I.J. Retroalimentación y Sistemas de Control, 2da edición. 1992. Editorial McGraw Hill Interamericana.
3. COUGHLIN R, DRISCOLL F. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales 4ta edición. 1993. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
4. ZAHN M. Teoría Electromagnética. 1983. Editorial Interamericana S.A.
5. LANCASTER D. Manual de Circuitos Integrados TTL. 1985. Editorial Técnicas REDE S.A.
6. MILLER JR. G. MILLER Ecología y Medio Ambiente. 1994. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V.
7. EQUIGUA ZAMORA MIGUEL; BENÍTEZ BADILLO GRISELDA. Dinámica de las Comunidades Ecológicas. 1995. Editorial Trillas S.A. de C.V.
8. Tratado de Medio Ambiente V 2. 1993. Rezza Editores de C.V.
9. ONDARZA RAUL. Biología Moderna. 1996. Editorial Trillas S.A. de C.V.
10. Sistemas de ozonización para la Industria Farmacéutica
<http://www.osmonics.com/products/Page481.htm>.

11. ¿Qué es el ozono? <http://www.osmonics.com/library/Page401.htm>
12. Aplicaciones del ozono <http://www.eurozon.com/ozono/ozono.htm>.
13. Generadores de Ozono EUROZON
<http://www.eurozon.com/ozono/equipos.htm>.
14. ¿Qué es el ozono?
<http://www.icozono.50g.com/QUE%20ES%20EL%20OZONO.htm>
15. Efectos del ozono en el medio ambiente
<http://www.icozono.50g.com/EFECTOS%20DEL%20OZONO%20EN%20EL%20AMBIENTE.htm>.
16. El ozono en el agua
<http://www.icozono.50g.com/EL%20OZONO%20EN%20EL%20AGUA.htm>.
17. El ozono en la medicina
<http://www.icozono.50g.com/EL%20OZONO%20EN%20LA%20MEDICINA.htm>.
18. Referencias <http://www.icozono.50g.com/REFERENCIAS.htm>.
19. AT EXPORT, fabricante de ozonizadores NEPTUNO
<http://www.atexport.org/pagesp/principal.htm>.
20. El ozono <http://www.atexport.org/pagesp/info/menuoz.htm>.
21. Ozonización <http://www.osmonics.com/products/page844.htm>.
22. Carbón activado <http://www.osmonics.com/products/page842.htm>.
23. Osmosis inversa <http://www.osmonics.com/products/page833.htm>.
24. Prácticas de diálisis <http://www.osmonics.com/products/page1117.htm>.
25. Todo sobre el ozono <http://www.ecoportal.net/temas/ozono.htm>.

26. Desinfección UV del agua <http://www.drpez.com/index.html>.