

# DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POR OZONIZACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA 2012

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM WATER TREATMENT BY OZONIZATION IN THE FACULTY OF CHEMICAL ENGINEERING AND METALLURGICAL 2012

Fuente: [www.grupo-agua.com](http://www.grupo-agua.com)

Recibido: 02/12/2013

Revisado: 15/10/2014

Aceptado: 30/12/2014

Orbegoso López, José Saúl<sup>1</sup>; Quispe Ojeda, Teodosio Celso<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** Diseñar una planta piloto para obtener agua embotellada en la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión para satisfacer las necesidades de los consumidores universitarios. **Materiales y Métodos:** La tecnología propuesta consiste en la aplicación del ozono utilizando un eyector de ozono, y plantea una alternativa tecnológica para la solución a los problemas graves de insalubridad del agua de consumo humano, incluyendo el análisis de costos para la adquisición de la tecnología adecuada para estos fines. **Resultados:** Se ha evaluado la cinética del ozono, y su impacto en la carga bacteriana y microorganismos. Ambos análisis, costos vs tecnología, determinan la viabilidad de masificación en el uso de equipos ozonizadores, en nuestra Nación emergente. **Conclusiones:** Conocer la dureza del agua y los metales que se encuentran en ella, ya que es bueno si queremos trabajar con ozono porque debemos saber que este solo eliminará virus patógenos, más no metales pesados o carbonatos.

**Palabras clave:** Planta piloto, embotellar, ozonización, eyector, cinética, carga bacteriana.

### ABSTRACT

**Objective:** Design of a pilot plant for bottled water at the Faculty of chemical engineering and metallurgy, in the "University Nacional José Faustino Sánchez Carrión" to meet the needs of College consumers. **Materials and Methods:** The proposed technology consists in the ozone application using an ejector of ozone, and presents a technological alternative for the solution to the serious problems of insalubridity of water for human consumption, including the cost analysis for the acquisition of technology appropriate for these purposes. **Results:** It has evaluated the kinetics of ozone, and its impact on the bacterial burden and micro-organisms. Both analyses, cost vs. technology, determine the feasibility of mass use of ozonators teams, in our emerging nation. **Conclusions:** To know the water hardness and metals found in it is good because if we want to work with ozone must know that this will only remove pathogenic viruses, but not heavy metals or carbonates.

**Keywords:** Pilot plant, bottling, ozonation, ejector, kinetic, bacterial load.

### INTRODUCCIÓN

R. Martin Calvin realizó varios ensayos para el tratamiento del agua, y concluyó que la ozonización es un método que está siendo cada vez más utilizado debido a su poder oxidante del reactivo frente a sustancias inorgánicas presentes en el agua y no convenientemente eliminadas con cloro, tales como compuestos orgánicos susceptibles de provocar problemas de olor y sabor y THM en aguas tratadas con cloro; asimismo, por su elevado poder germicida frente a la flora microbiana de un agua.

En USA, a partir del año 1990 se ha implantado el sistema de tratamiento de agua desde sus inicios hasta sus últimas aplicaciones con ozono (gas natural inestable). Y en la ciudad de Virginia se realizaron durante varios años las pruebas preliminares de preparación, generación, destrucción y evaluación del ozono desinfectante.

En el 2000, la Empresa Viresi, USA, se convirtió en una distribuidora de generadores de ozono, acompañando a cada equipo con el Manual Técnico de Triozon, resultado de una serie de investigaciones del efecto importante en la desinfección del agua del compuesto ( $O_3$ ), que se encuentra de forma natural en la atmósfera en pequeñas proporciones. En la naturaleza se forma por efecto de la radiación ultravioleta o por descargas eléctricas durante una tormenta.

Desde 1992 el Ministerio de Salud de Cuba, ha utilizado la tecnología de ozonización en forma artificial, lo cual se obtiene sometiendo oxígeno a descargas eléctrica. El ozono reacciona rápidamente con gran variedad de microorganismos y con todo tipo de materia orgánica e inorgánica susceptible de oxidación. Además, por su condición de inestabilidad, hace que en sus aplicaciones no se generen subproductos indeseables, como en otros sistemas, por lo que se dice que es "amigable con el ambiente".

Con la aplicación de ozono en agua (en cocinas, comedores, restaurantes, duchas, pescaderías, acueductos, aguas residuales, procesos de lavado, riego de plantas, etc.) se obtiene una desinfección al eliminar hongos, bacterias, algas y helmintos, gérmenes, virus; así como, una potabilización y sedimentación de material orgánico y sales, decoloración y desodorización del agua. También se elimina fenoles y representa un ahorro

<sup>1</sup>Facultad de Química y Metalúrgica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

importante en compuestos cloradores, fungicidas y algicidas. En el agua presenta gran solubilidad y se estima una permanencia aproximada de 20-30 minutos. El ozono se desdobra en oxígeno, siendo por lo tanto más beneficioso cuando se compara con el cloro y el dióxido de cloro. No aparecen trazas después de 90 minutos en agua limpia.

La adición de ozono en el agua no añade ningún químico extraño, no aumentando tampoco la concentración de sólidos totales disueltos. El tratamiento de ozono no aumenta la alcalinidad del agua; por el contrario, oxida rápidamente sales de hierro y manganeso disueltos en agua freática o embalsada, produciendo óxidos insolubles que fácilmente son eliminados en un proceso de decantación o filtración.

Una de las fuentes principales de data informativa se encuentra en revistas especializadas, como Chemical Engineering, Flow Control, Chemical Weeks, American International Chemical Engineering, etc., que nos ha facilitado información actualizada sobre los avances e innovaciones tecnológicas basadas en la investigación especializada.

Muchas otras fuentes están en el internet y sus diferentes opciones, con sus alcances de la información abierta, que han permitido ilustrarnos amplia y documentadamente sobre el tema que hemos desarrollado.

En fin, otras referencias bibliográficas, referidas a Proyectos, son asequibles en las bibliotecas especializadas de Ingeniería Química, y otras bibliotecas de nuestra universidad. Los métodos utilizados en el Proyecto son de tipo documental y experimental.

En el lavado de recipientes plásticos no interacciona el sabor. El origen de la mayoría de los sabores y olores en el agua, son debido a materias orgánicas naturales o a compuestos orgánicos sintéticos. El declive de materias vegetales produce compuestos que imparten sabores a las aguas superficiales por procesos metabólicos bacteriales. El ozono elimina los sabores y los olores.

### Bases Teóricas

Los microorganismos patógenos pueden sobrevivir en el agua durante tiempos relativamente prolongados, o en los restos de productos vegetales para después contaminar al producto limpio que pasa a través del agua.

Las soluciones higienizantes de hipoclorito sódico (lejía) en el agua de lavado se han empleado para el control de los microorganismos contaminantes durante el proceso de elaboración de vegetales frescos cortados. Sin embargo, se ha desatado recientemente una gran polémica sobre la continuidad del uso de compuestos clorados por los riesgos potenciales que los productos de reacción de estos compuestos puedan presentar para la salud humana. Han sido calificados como cancerígenos y tóxicos tanto para el medio ambiente como para el consumidor, ya que, además de no garantizar totalmente la inocuidad del producto, quedan restos en la superficie de los alimentos.

La descomposición del ozono es tan rápida en la fase acuosa de los alimentos que su acción antimicrobiana puede tener lugar principalmente en la superficie de estos.

Es estable durante unos 15-20 minutos por lo que el riesgo de ingestión del ozono por el consumidor no existe.

Sin embargo, algunas bacterias pueden formar esporas en condiciones adversas, siendo estas 10-15 veces más resistentes al ozono, pero se pueden destruir si se exponen al ozono durante el tiempo necesario. La envoltura proteica de los virus es también sensible a la oxidación por ozono, por lo que puede ser efectivo contra

los virus que se pueden transmitir a través de la cadena alimentaria como la hepatitis.

La finalidad del lavado de frutas y verdura con agua ozonizada es la eliminación de pesticidas y microorganismos presentes en la piel de la misma, y que son responsables de una parte del desperdicio de frutas en su propio proceso de comercialización, almacenamiento y conservación. Estas pérdidas son producidas con frecuencia a causa de enfermedades ligadas al inicio de la recolección.

El lavado o enjuague solo con agua es un sistema puramente de arrastre, que reduce pesticidas y parásitos por el efecto que ejerce el movimiento del agua. Además hay que añadir el problema del agua vertida, que queda contaminada por los pesticidas y microorganismos que ha eliminado la fruta.

Una vez expuestos los evidentes problemas asociados al lavado de la fruta sólo con agua, la mejor solución es la de aprovechar las grandiosas ventajas que el ozono ofrece como destructor de todos los contaminantes.

Entre las aplicaciones del efecto desinfectante del ozono, podemos resaltar las siguientes:

- ✓ Eliminación de hierro y magnesio.
- ✓ Eliminación de color, sabor y olores desagradables.
- ✓ Mejoras en las etapas de floculación.
- ✓ Destrucción de algas y control de su desarrollo.
- ✓ Oxidación y eliminación de fenoles.
- ✓ Eliminación de detergentes.
- ✓ Oxidación de pesticidas.
- ✓ Eliminación de colorantes.
- ✓ Eliminación de compuestos nitrogenados.
- ✓ Eliminación de metales disueltos.

### Ozonización

- ✓ El agua es purificada inmediatamente antes de ser servida reduciendo el riesgo de contaminación posterior.
- ✓ El consumo permanente de agua ozonizada previene la celulitis y tonifica las paredes estomacales previniendo la acidez, gastritis, úlcera y regula la digestión.
- ✓ Su uso cotidiano previene la formación de caries y cálculos renales.
- ✓ Evita los inconvenientes de movilizar los botellones de agua.
- ✓ El ozono es un elemento de la naturaleza que purifica el agua sin alterar sus propiedades nutritivas.
- ✓ Evita las incomodidades de hervir el agua y su elevado costo de combustible.
- ✓ Ozonizador Generador de Ozono 0,60 ppm.
- ✓ Moléculas con 3 átomos de oxígeno O<sub>3</sub>.
- ✓ Varía de acuerdo a la altura sobre nivel del mar, condiciones atmosférica y temperatura ambiental.
- ✓ El ozono no se acumula, después de 10 minutos aproximadamente volverá a ser oxígeno.
- ✓ Equipo para usos domésticos, oficinas, talleres, hospitales, clínicas, consultorios médicos etc.
- ✓ Produce 2,000 cm<sup>3</sup>/minuto de aire ozonizado. Lo que producirá 2,000 cm<sup>3</sup> de agua ozonizada por minuto.
- ✓ Es recomendable ozonizar el agua un mínimo de 4 minutos para que sea un agua segura para consumo humano.
- ✓ Recordar que se hierve el agua de grifo un tiempo mínimo que varía de uno a diez minutos para desinfectarla.
- ✓ Para aplicaciones médicas es recomendable ozonizar el agua más de 10 minutos.
- ✓ Función: Desinfecta el Agua. Elimina seres patógenos,

el cloro, metales pesados, corpúsculos que flotan en el agua, elimina el mal olor del H<sub>2</sub>O

- ✓ Produce: Agua segura desinfectada para consumo humano
- ✓ El agua tendrá sabor a ozono de 1 a 300 minutos y desaparecerá convirtiéndose en oxígeno
  - Para usos médicos se tiene que usar con el olor y sabor a ozono
  - Emisión de olores: Si olor a ozono
  - El equipo puede utilizarse para desinfectar ambientes alcance 25 m<sup>2</sup>

### Justificación

De acuerdo con la Norma emitida por MINSA, la OMS y la OPS, entre otros organismos de control y/o regulación de los estándares de calidad del agua de consumo doméstico, se hace necesario abordar los problemas más urgentes que permitan implementar las normas de calidad del agua entre la población.

El uso de los equipos portátiles e industriales de tratamiento de agua por ozonización constituye tecnológicamente una alternativa al problema de sanidad de las aguas de consumo poblacional en nuestro país.

**Tabla 1. Ventajas y desventajas de la ozonización**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
✓ Facilidad de producción de ozono desde aire u oxígeno por descargas eléctricas.	✓ El ozono es altamente corrosivo y tóxico.
✓ Facilidad de reacción con compuestos orgánicos e inorgánicos debido a su alta reactividad y potencial de reducción.	✓ El coste inicial del equipamiento es alto, y los generadores requieren mucha energía.
✓ El ozono reduce el TOC, color, olor y turbidez del agua tratada.	✓ El ozono debe ser generado "in situ" por problemas en el almacenamiento y transporte.
✓ El ozono oxida hierro, manganeso y sulfuros.	✓ La vida media del ozono en el sistema de distribución es de 25 minutos a temperatura ambiente, con lo que la ozonización no asegura la limpieza del agua potable, siendo necesario añadir cloro.
✓ El uno de los desinfectantes químicos más eficientes, ya que requiere un tiempo de contacto pequeño.	✓ Se forman DBPs en presencia de bromo, aldehídos, cetonas, etc.
✓ En ausencia de bromo, no se forman DBPs.	✓ Son necesarios filtros activados para la eliminación de carbono orgánico biodegradable.
✓ Ozono es más efectivo que cloro, cloroaminas y dióxido de cloro para la inactivación de virus, <i>Cryptosporidium</i> y <i>Giardia</i>	

Por lo que se justifica plenamente el trabajo realizado.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Diseño metodológico

La presente investigación es de tipo experimental, con escalamiento.

#### Población

La provincia de Huaura.

#### Muestra

El distrito de Huacho.

#### Técnicas de recolección de datos

Por recopilación directa en cada corrida experimental, bajo condiciones definidas y variables.

#### Técnicas para el procesamiento de la información

Mediante uso de instrumentos estadísticos para determinar la desviación estándar y Chi cuadrado, para determinar la tendencia central.

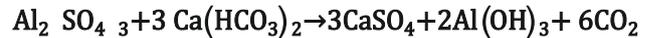
### RESULTADOS

#### A.- Captación:

Se eligió el punto de captación del agua a tratar. Esta acequia está formada por los efluentes emitidos por la población huachana las cuales pasan por las inmediaciones de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

#### B.- Floculación

Para flocular el agua captada se utilizó el reactivo químico Sulfato de Aluminio tipo B, el cual va a flocular los sólidos que están en emulsión. Y cuando ya se tenga preparada la solución, ésta se va a utilizar en la prueba de jarras para determinar la cantidad exacta con la que floculará el agua a tratar.



Preparación de solución para la prueba de jarras.

Ya que el sulfato de aluminio es sólido lo tenemos que colocar en solución; pesamos 1 gramo del floculante y lo disolvemos en 100ml de agua desionizada y ésta se va agregando de distintas cantidades en la prueba de jarras como veremos a continuación.

**Tabla 2. Preparación de solución para la prueba de jarras**

Número de Jarras	1	2	3	4	5	6
Sulfato de aluminio (ppm)	3	5	8	10	12	15

**Tabla 3. Conductividad**

Tiempo(s)	Conductividad (mS)	Temperatura (°C)
0	0,016	22,333
0,1	0,016	22,308
0,2	0,016	22,333
0,3	0,011	22,308
0,4	0,016	22,308
0,5	0,016	22,333
0,6	0,011	22,257
0,7	0,016	22,333
0,8	0,011	22,333
0,9	0,011	22,308
1	0,022	22,333
1,1	0,016	22,358
1,2	0,016	22,333
1,3	0,016	22,333
1,4	0,016	22,308
1,5	0,011	22,308
1,6	0,016	22,358
1,7	0,011	22,282
1,8	0,016	22,333
1,9	0,016	22,257
2	0,016	22,333
2,1	0,016	22,257
2,2	0,016	22,384
2,3	0,016	22,333
2,4	0,011	22,282
2,5	0,016	22,333
2,6	0,011	22,257
2,7	0,016	22,358
2,8	0,011	22,333
2,9	0,016	22,384
3	0,016	22,333
3,1	0,005	22,282
3,2	0,011	22,308
3,3	0,016	22,384
3,4	0,011	22,384
3,5	0,016	22,308
3,6	0,016	22,308
3,7	0,016	22,358
3,8	0,016	22,333
3,9	0,016	22,308
4	0,016	22,308
4,1	0,011	22,308
4,2	0,016	22,333
4,3	0,011	22,333
4,4	0,011	22,282
4,5	0,011	22,333
4,6	0,016	22,333
4,7	0,011	22,282
4,8	0,011	22,308
4,9	0,011	22,333
5	0,011	22,384

Tabla 4. Muestra del agua de floculación

Tiempo(s)	Conductividad (mS)	Temperatura (°C)	pH
0	3,152	21,902	5,478
0,1	3,163	21,978	5,473
0,2	3,174	22,003	5,473
0,3	3,152	22,13	5,478
0,4	3,163	22,003	5,483
0,5	3,168	21,927	5,478
0,6	3,158	22,003	5,478
0,7	3,158	21,978	5,483
0,8	3,163	21,876	5,473
0,9	3,163	22,029	5,473
1	3,152	22,003	5,478
1,1	3,163	22,003	5,473
1,2	3,163	21,927	5,478
1,3	3,168	22,029	5,473
1,4	3,163	22,029	5,473
1,5	3,168	22,029	5,478
1,6	3,168	21,978	5,473
1,7	3,163	22,003	5,478
1,8	3,163	21,978	5,473
1,9	3,163	21,927	5,473
2	3,163	21,978	5,468
2,1	3,158	22,003	5,473
2,2	3,168	22,079	5,473
2,3	3,163	22,003	5,473
2,4	3,163	21,978	5,473
2,5	3,158	22,029	5,473
2,6	3,168	21,978	5,473
2,7	3,152	21,978	5,478
2,8	3,168	21,876	5,468
2,9	3,163	22,003	5,468
3	3,158	22,003	5,468
3,1	3,163	22,003	5,463
3,2	3,163	21,876	5,473
3,3	3,163	22,105	5,463
3,4	3,174	21,978	5,463
3,5	3,147	22,003	5,468
3,6	3,163	21,978	5,468
3,7	3,185	21,851	5,468
3,8	3,147	22,029	5,468
3,9	3,168	21,978	5,468
4	3,185	22,003	5,468
4,1	3,152	22,029	5,463
4,2	3,158	22,003	5,468
4,3	3,158	22,003	5,463

Tabla 5. Muestra del agua filtrada

Tiempo(s)	Conductividad (mS)	Temperatura (°C)	pH
0	5,859	21,902	5,053
0,1	5,859	21,927	5,058
0,2	5,859	21,927	5,058
0,3	5,853	21,927	5,058
0,4	5,859	21,927	5,058
0,5	5,848	21,953	5,053
0,6	5,859	21,902	5,053
0,7	5,853	21,927	5,058
0,8	5,859	21,902	5,058
0,9	5,859	21,927	5,053
1	5,864	21,927	5,053
1,1	5,859	21,902	5,053
1,2	5,853	21,902	5,053
1,3	5,859	21,927	5,058
1,4	5,859	21,927	5,053
1,5	5,848	21,927	5,047
1,6	5,859	21,902	5,053
1,7	5,859	21,927	5,053
1,8	5,87	21,927	5,058
1,9	5,864	21,927	5,053
2	5,864	21,927	5,053
2,1	5,864	21,927	5,058
2,2	5,853	21,927	5,058
2,3	5,848	21,927	5,053
2,4	5,859	21,927	5,047
2,5	5,853	21,927	5,053
2,6	5,859	21,902	5,047
2,7	5,859	21,927	5,053
2,8	5,859	21,902	5,047
2,9	5,859	21,902	5,047
3	5,853	21,902	5,047
3,1	5,859	21,927	5,053
3,2	5,859	21,927	5,053
3,3	5,848	21,927	5,047
3,4	5,837	21,927	5,047
3,5	5,842	21,876	5,042
3,6	5,826	21,927	5,047
3,7	5,837	21,953	5,047
3,8	5,837	21,902	5,047
3,9	5,837	21,902	5,047
4	5,826	21,927	5,053
4,1	5,826	21,902	5,047
4,2	5,815	21,953	5,047
4,3	5,815	21,978	5,047



Fuente: [www.aquafeed.co/tratamiento-de-agua-con-ozono/](http://www.aquafeed.co/tratamiento-de-agua-con-ozono/)

## DISCUSIÓN

El trabajo experimental se ha desarrollado en los ambientes del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, teniendo como resultado lo siguiente:

- ✓ Se ha utilizado agua corriente de las acequias que pasan por la ciudad universitaria y se ha dado un tratamiento completo.
- ✓ En el diseño experimental se ha tomado en cuenta las

limitaciones de instalación y equipamiento, de modo que se han efectuado adaptaciones de equipos de manipulación manual.

- ✓ Ha quedado demostrado que para lograr un óptimo resultado, es necesario tomar en consideración la implementación con los equipos idóneos: ozonizador, tanques, filtros, etc., con el fin de dar condiciones adecuadas para la manipulación de las variables

### Conclusiones

- ✓ Implementar el presente Proyecto, a objeto de facilitar la investigación de los Docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, para que puedan publicar sus resultados en revistas indexadas.
- ✓ El agua es muy importante para la vida humana, pero por distintos motivos su tratamiento destinado al consumo humano es muy costoso, por ello es mejor buscar soluciones con nuevas tecnologías.
- ✓ La oportunidad de construir una planta a pequeña escala es mucha, solo se necesita la investigación ardua para estos temas.

La investigación primaria se da en los laboratorios. Las pruebas y resultados que obtengamos van a permitir conocer que tecnologías y procesos se pueden utilizar para este proyecto.

Es importante conocer la dureza del agua y los metales se encuentran en ella, ya que si queremos trabajar con ozono debemos saber que éste solo eliminará virus patógenos, más no metales pesados o carbonatos

### Agradecimiento

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por su apoyo en instalaciones y equipos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica.

A los alumnos de Diseño de Plantas Químicas y docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica que participaron en alguna de las fases del desarrollo de ésta investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). (2010). Métodos normalizados, para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial: Díaz de Santos.
- Beltran De Heredia-Alonso, J., Torregrosa-Anton, J., Garcia-Rodriguez, J. (2002). Proceso Combinado De Digestión Anaerobia Y Ozonización Para La Depuración De Aguas Residuales De Alta Carga Orgánica. Alimentación Equipos Y Tecnología. 21(169):71-77.
- Callegaro, R. (1983). Bases para el estudio y proyecto de plantas de defluoración de aguas para consumo humano. UNLP: Laboratorio de Ing. Sanitaria.
- Commite On Nutrition. (1980). Food and Nutrition Board. USA: Pediatrics.
- Custodio, R. & Llamas, M. (2008). Hidrología Subterránea. México. Omega.
- Eskel Nordel, (1994). Tratamiento de agua para la industria y otros usos. México: Compañía Editorial Continental, SA, 2º Ed.
- Food Science & Technology. (2008). Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. 35:720-729.
- Kemmer, F. (2003). The NALCO Water Handbook. New York: McGraw-Hill, 2nd Edition.
- Muhler, J. (1970). Fluoride and Human Health. Geneva.
- Romero, J. (2006). Potabilización del agua. Barcelona: Alfaomega ediciones.
- Singh, N., Singh, R. K., Bhunia, A. K., Stroshine, R. L. (2002). Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing Escherichia coli O157:H7 on lettuce and baby carrots. <http://www.ozo33.com>
- [http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est\\_00/filtrosagua.pdf](http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_00/filtrosagua.pdf)
- <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008>

**Correo electrónico:** jorbegoso@unjfsc.edu.pe



Fuente: [www.ayb.pe](http://www.ayb.pe)