

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD POLITÉCNICA, CANTÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE MANABÍ

WASTEWATER TREATMENT IN THE POLYTECHNIC CITY ESTATE, CANTON BOLIVAR, PROVINCE OF MANABÍ

Ángel Mariano Montesdeoca Zambrano

Dirección de Planificación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2.7 vía Calceta - El Morro-El Limón

Contacto: angelmontesdeocaz@hotmail.com

RESUMEN

La urbanización Ciudad Politécnica está en fase de implementación, por lo que es necesario definir el suministro de los servicios básicos tales como agua potable, energía eléctrica, alcantarillado de aguas lluvia, de aguas servidas, etc. El presente estudio tuvo como objetivo diseñar una planta de tratamiento de las aguas residuales que se generarán, a futuro, en Ciudad Politécnica, que cumpla con las normas vigentes en el Ecuador. Se realizó una revisión de las leyes y normas vigentes para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, planificación urbanística, disponibilidad de terreno para la ubicación de la planta de tratamiento; determinándose que el proceso de lodos activados mediante reactores secuenciales por tandas, es el mejor sistema para el tratamiento de aguas residuales de comunidades pequeñas que, gran parte del día, están fuera de su domicilio y por lo tanto, generan bajo volumen e intermitente flujo de aguas residuales. La línea base permitió realizar los cálculos de ingeniería y finalmente, el diseño hidráulico-sanitario y ambiental de la planta.

Palabras clave: planta de tratamiento, normas, urbanización, reactor, efluente

ABSTRACT

Polytechnic City Estate is in the implementation phase, so it is necessary to define the provision of basic services such as potable water, electricity, sewerage for rainwater and wastewater, etc. The objective of this study was to design a wastewater treatment plant that will be generated, in the future, in the Polytechnic City, where its effluent meets the standards established in Ecuador. A review of the laws and regulations for wastewater treatment plant, urban planning, availability of land for the location of the treatment plant were done; determined that the activated sludge process using sequential batch reactors is the best system for treating wastewater in small communities, where much of the day, they are away from home and therefore generate low volume and intermittent flow of wastewater. The baseline allowed for engineering calculations and finally, the hydraulic and environmental design of the plant.

Keywords: Treatment plant, standards, development, reactor effluent.

INTRODUCCIÓN

El agua y el saneamiento se constituyen en los principales generadores de salud pública, por tanto, si podemos acceder a servicios de agua salubre e instalaciones sanitarias eficientes, se evitará enfermedades de origen hídrico, que afectan principalmente a los estratos más vulnerables como son los niños.

En el mundo existe un gran déficit de tratamiento de las aguas residuales; para el año 2002 se estableció que 2600 millones de personas (42% de la población mundial) no accedían a un sistema de tratamiento adecuado de aguas residuales, o simplemente no lo tenían. La causa de esto es la explosión demográfica, la crisis del agua y los altos costos de las instalaciones para lograr un buen tratamiento (OMS, 2004).

Los principales impactos ambientales dan como resultado un aumento significativo de la mortalidad debido a enfermedades como el cólera, parasitosis, entre otros, que son prevenibles. Los proyectos de tratamiento de aguas residuales son ejecutados a fin de evitar o aliviar los efectos de los contaminantes que estas contienen. Cuando estos proyectos son ejecutados correctamente, su impacto total sobre el ambiente es positivo (OMS, 2004).

A partir del año 1982, cuando la ONU promulgó la carta mundial de la naturaleza y luego en 1992, en la ciudad de Rio de Janeiro, se realizó la Cumbre de la Tierra, los países y Estados asistentes o adherentes a estos instrumentos de protección de la naturaleza, tomaron conciencia del problema de contaminación de los recursos hídricos de la madre tierra, debido al no tratamiento de las aguas residuales, y se comprometieron a diseñar y poner en vigencia una legislación que recoja todos los principios de estos documentos, con la finalidad de proteger los ecosistemas de sus países (ESPAM, 2012).

En respuesta a estos compromisos mundiales el Ecuador, en 1992, creó el Ministerio del Ambiente y en 1995, se puso en vigencia la Ley de Gestión Ambiental y las Normas de Gestión Ambiental que constan en los Textos Unificados de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA, en las que, en el Anexo 1 del libro VI, se especifica claramente, lo referente a la calidad del efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales y su vertido a cuerpos receptores de agua dul-

ce, capítulo que está acorde a los tratados y protocolos internacionales que se han venido implementando a través de las diversas conferencias mundiales de las que Ecuador es suscriptor, y a pesar de que en muchos casos, no se cumplen los parámetros recomendados para disminuir la carga orgánica de las aguas servidas, se viene trabajando para, en un futuro cercano, lograr las metas que las leyes y la responsabilidad ambiental nos imponen (plantas de Calceta y Chone).

Desde los años 70, se emprendió en el Ecuador, una política de tratar las aguas residuales adoptándose la tecnología que en esa época se definió como la más adecuada para nuestras condiciones sociales, económicas y tecnológicas, que consistía en el lagunaje de las aguas residuales para su estabilización.

Las aguas residuales de la ciudad de Calceta desde hace aproximadamente 35 años, son tratadas mediante lagunas de estabilización que, para la época de su implementación estaban dentro de las alternativas tecnológicas disponibles y el organismo rector de las políticas de saneamiento ambiental en el país, ex Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), recomendaba este método de tratamiento por ser económico y no requería la instalación de equipos tecnológicos complejos, y por tanto, podía ser manejado por los gobiernos municipales, sin mayores complicaciones.

La Urbanización Ciudad Politécnica, por estar ubicada fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado convencional de la ciudad de Calceta, requiere una planta de tratamiento aerobia, adecuada para una comunidad pequeña, considerando las condiciones de caudales, tipo de flujo, calidad del agua residual, que sea eficiente, ocupe espacios pequeños y que el proceso no produzca olores desagradables en comparación con otros métodos de tratamiento. En definitiva que contribuya a la salud de los habitantes del sector, cumpla con la legislación vigente, en cuanto a vertido de efluentes de plantas de tratamiento y protección de ecosistemas frágiles, como es el caso del río Carrizal.

Por tanto, el objetivo de esta investigación es el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización Ciudad Politécnica, cuyos efluentes cumplan con las normas de calidad vigentes en el Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los terrenos de la urbanización Ciudad Politécnica, que pertenece a la ciudad de Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, ubicada a 3 km de este centro urbano, entre las coordenadas 00°49'43,5''S y 80°11'18,1''W.

La investigación se dividió en cinco fases: fase 1) Investigación bibliográfica, revisión de leyes y normas vigentes para efluentes; fase 2) Recopilación de información sobre el

proyecto, fase 3) Definición de parámetros de diseño, fase 4) Determinación de la mejor alternativa para el tratamiento de las aguas residuales y fase 5) Cálculos y diseños de ingeniería.

Fase 1: Investigación bibliográfica. - Se realizó un análisis de los diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales, particularizando aquellos que son adecuados para comunidades pequeñas y nuevas, para de esta manera elegir el apropiado.

Cuadro 1. Proceso de lodos activados para comunidades pequeñas

Proceso	Descripción
Estabilización por contacto	Para el tratamiento de las aguas residuales y la estabilización del lodo activado, la estabilización por contacto utiliza dos tanques separados o compartimientos. El lodo activado estabilizado se mezcla con el agua residual afluyente (bien sea cruda o sedimentada) en un tanque de contacto. El licor mezclado sedimentado en un tanque de decantación secundario y el lodo de retorno se airean por separado en un tanque de re aireación para estabilizar la materia orgánica. Las necesidades del volumen de aireación son en general 50% menos que en el flujo de pistón convencional.
Aireación Extendida	El proceso de aireación extendida es similar al proceso convencional de flujo pistón, excepto que este opera en la fase de respiración endógena de la curva de crecimiento, la cual requiere una carga orgánica baja y un tiempo de aireación largo. El proceso se usa extensivamente para plantas compactas prefabricadas para comunidades pequeñas.
Zanjón de oxidación	El zanjón de oxidación consiste en un canal de forma redonda u oval con equipos mecánicos de aireación: Al zanjón entra el agua residual, se airea y circula a cerca de 0.25 a 0.35 m/s. Este tipo de proceso opera en general a manera de aireación extendida con tiempos largos de retención para los sólidos. Para la mayoría de las aplicaciones se usan tanques de decantación secundarios.
Aireación extendida y sedimentación intermitente	Es un reactor sencillo en el cual ocurren todos los pasos del proceso de lodos activados. El flujo hacia el reactor es continuo comparado con el reactor de flujo intermitente en secuencia. Dado que el licor mezclado permanece en el reactor durante todos los pasos del tratamiento, no se necesitan instalaciones secundarias de sedimentación separadas. La purga de lodo ocurre durante la etapa de aireación del ciclo.
Reactor de flujo intermitente en secuencia	El reactor de flujo intermite en secuencia es un sistema de reactor de tipo llenado y vaciado en el que participan uno de los dos reactores de mezcla completa dentro de los cuales ocurren todas las etapas del proceso de lodos activados. Dado que el licor mezclado permanece en el reactor durante todos los pasos del tratamiento, no se necesitan instalaciones separadas de sedimentación secundaria.

Fuente: Crites y Tchobanoglous (1997)

Fase 2: Recopilación de información
Se recabó los planos de la planificación urbanística, memoria de los estudios del sistema de abastecimiento de agua potable, memoria del estudio de la red de alcantarillado sanitario de la urbanización Ciudad Politécnica,

normas para cumplimiento de requisitos de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (TULSMA, 2002), normas para diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (MIDUVI, 1992), resultados de los tres últimos censos de población y vivienda

efectuados en el Ecuador (SNI, 2011).

Fase 3: Definición de parámetros de diseño.- Los parámetros de diseño necesarios para las aplicaciones de cálculo de los elementos de la planta de tratamiento son: periodo de diseño, población, cantidad de aguas residuales, principales contaminantes de las aguas residuales domésticas que son de interés para el tratamiento, caudales y tipo de flujo que se tendrá.

a. Población.- El estudio de población, se realizó considerando la planificación urbanística, donde se determina que el número de lotes para vivienda es de 100, más 8 lotes para locales comerciales, 1 lote para comisariato y áreas de uso comunal tales como sede social, canchas deportivas, piscina y áreas verdes.

Se analizó los resultados de los tres últimos censos de población y vivienda realizados en el Ecuador, y de estos datos se particularizó el análisis en la población y viviendas urbanas, para luego determinar para cada censo el promedio de habitantes por vivienda urbana a nivel del Ecuador, provincia de Manabí, cantón Bolívar y parroquia urbana Calceta, centrando el análisis en los resultados de la parroquia urbana Calceta por estar ubicada la urbanización Ciudad Politécnica dentro de su jurisdicción.

Para el cálculo de la población futura de la urbanización se tomó el promedio de habitantes urbanos por vivienda de la parroquia urbana Calceta, correspondiente al último censo año 2010, el que se estimó como representativo de la realidad demográfica de la zona.

Además se consideró, habitantes por local comercial, comisariato y una población flotante vinculada a los propietarios de viviendas que, en calidad de invitados, llegarán a usar las canchas deportivas, sede social, piscina y/o espacios verdes de la urbanización.

b. Periodo de diseño.- Se definió los materiales que se usarán en la construcción de esta planta de tratamiento, y su periodo de vida útil recomendado por los fabricantes, entre los que tenemos:

- Los estanques se construirán de hormigón armado
- Las tuberías de impulsión serán de PVC para una presión de trabajo de 1 Mpa
- Las tuberías de desagüe serán de PVC reforzado tipo B
- Todos estos materiales tienen una du-

rabilidad de más de 30 años.

c. Cantidad de aguas residuales.- La cantidad de aguas residuales se definió a partir de la dotación media especificada en la memoria del estudio del sistema de agua potable, y de acuerdo a las normas del código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias.

d. Principales contaminantes de las aguas residuales domésticas de interés para el tratamiento.- Los parámetros de contaminación de mayor interés para el tratamiento de las aguas residuales, se tomaron del código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, debido a que esta urbanización está en fase de implementación y no es posible conocer la calidad de agua residual que generará, estos parámetros asumidos fueron: DBO5, DQO, Sólidos suspendidos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno Kjeldahl, coliformes fecales, etc.

e.- Determinación de caudales y tipo de flujo.- Las viviendas de esta urbanización se irán construyendo y ocupando en forma paulatina y se estimó que en, aproximadamente, cuatro años estará totalmente desarrollada. Esto dará origen en los primeros años a caudales sumamente pequeños y en ciertas horas del día, serán totalmente insignificantes, lo que implica que se los determine como caudales intermitentes.

Esta característica de los caudales tiene suma importancia para determinar el tipo de reactor para el tratamiento, pues la mayoría de los sistemas de depuración operan con flujo continuo, y en el presente caso se escogió un reactor que operará con flujo intermitente.

Fase 4: Determinación de la mejor alternativa para el tratamiento de las aguas residuales.- Se analizó el marco teórico y las normas del país para definir el tipo de proceso y el grado de tratamiento a implementar.

Se consideró la magnitud de la urbanización Ciudad Politécnica, la frecuencia con que los futuros propietarios irán habitando las casas, el tipo de flujo, la magnitud de los caudales de aguas residuales y la carga de contaminantes para definir el tipo de reactor a diseñar.

Fase 5: Cálculos y diseños de ingeniería.- Se calcularon todos los parámetros para el diseño de los siguientes elementos de la planta:

Reactor secuencial por tandas, que implica el cálculo de los parámetros de diseño útiles:

- Q_0 es el flujo promedio, el flujo máximo, e, idealmente la curva de variación de flujo $m^3/día$.
- S_0 es la concentración de orgánicos (DQO) de entrada media, máxima y sus variaciones horarias (mg/L)
- X_0 es la concentración de sólidos suspendidos de entrada (SS, mg/L)
- Los requisitos de salida para el sustrato (SF) y los sólidos suspendidos (XF)
- Razón Alimento a Masa celular (F/M) $0.1 día^{-1}$
- Sólidos en el reactor MLSS 4000 mg/L

Con estos parámetros se pasó a determinar:

- Volumen del reactor en baja
- Volumen del reactor lleno
- Área del reactor
- Altura del reactor
- Forma geométrica del reactor
- Cálculo de la demanda de aire
- Cálculo del caudal de aire
- Cálculo de la demanda específica de energía

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población.- En el Gráfico 1, se presenta el promedio de habitantes por vivienda urbana para el país, provincia de Manabí, cantón Bolívar y parroquia urbana Calceta, correspondiente a los tres últimos censos que se han efectuado. Para el cálculo de la población de la urbanización Ciudad Politécnica se adoptó el valor de 4.14, que es el promedio correspondiente a la ciudad de Calceta para el censo del año 2010.

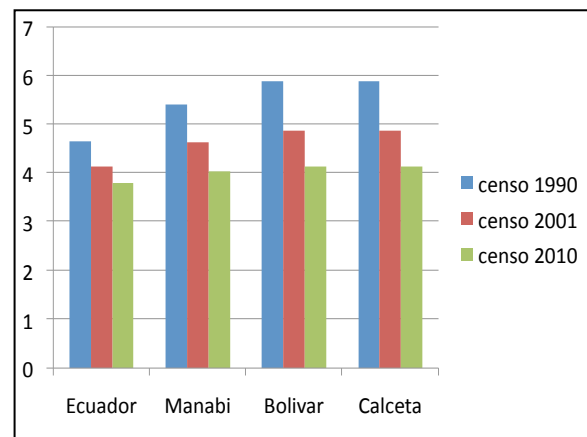


Gráfico 1. Promedio de habitantes por vivienda urbana (SNI, 2011)

En el Cuadro 2 se presenta la población de acuerdo a los periodos estimados para su ocupación.

Cuadro 2. Población urbanización Ciudad Politécnica

Año	N° viviendas	Habitantes				Total
		En viviendas	Locales comerciales	Comisariato	Áreas comunales	
2013	30	124.2				124.2
2014	30	124.2				124.2
2015	30	124.2				124.2
2016	10	41.4	16	4	12	73.4
TOTAL		414	16	4	12	446

NOTAS:

1. Para locales comerciales se ha considerado 2 habitantes por local
2. Para el comisariato se ha considerado 4 habitantes
3. Para las áreas comunales se ha estimado una población flotante correspondiente al 3% de la población de viviendas

Periodo de diseño.- El periodo de diseño que se adoptó, tiene una proyección de 20 años, basado en el código ecuatoriano para el

diseño de la construcción de obras sanitarias, que recomienda para obra civil de plantas de tratamiento de aguas residuales un rango para

este periodo entre 20 y 30 años, apoyado en el tipo de material a usar en la construcción y la durabilidad de los mismos. Cantidad de aguas residuales:

Se determinó que el 80% de la dotación de agua potable, llegará al sistema de alcanta-

rillado sanitario en calidad de agua residual, es decir 120 L/hab.día. Basado en estos datos se determinó los caudales diarios para cuatro periodos anuales, que es el tiempo que se estima para que toda la urbanización sea ocupada, Cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de aguas residuales

Año	Población	Aporte per cápita L/hab.día	Caudal diario L/día	Caudal acumulado L/día
2013	124.2	120	1490400	1490400
2014	124.2	120	1490400	2980800
2015	124.2	120	1490400	4471200
2016	73.4	120	880800	5352000
TOTAL	446		5352000	

Principales contaminantes de las aguas residuales domésticas de interés para el tratamiento en función de las etapas pro-

gramadas, número de habitantes y del caudal medio diario se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cantidades de principales contaminantes de aguas residuales de Ciudad Politécnica

Año	Población acumulada	Caudal medio L/día	Contaminantes											
			DBO ₅		Sólidos suspendidos		NH ₃		N-Kjendahl					
			Per capita g/hab.día	Total kg/día	Total mg/L	Per capita g/hab.día	Total kg/día	Total mg/L	Per capita g/hab.día	Total kg/día	Total mg/L			
2013	124.2	1490400	50	6.21	416.67	90	11.18	750	8.4	1.04	70	12	1.49	100
2014	248.4	2980800	50	12.42	416.67	90	22.36	750	8.4	2.09	70	12	2.98	100
2015	372.6	4471200	50	18.63	416.67	90	33.53	750	8.4	3.13	70	12	4.47	100
2016	446	5352000	50	22.3	416.67	90	40.14	750	8.4	3.75	70	12	5.35	100

Determinación de la mejor alternativa para el tratamiento de las aguas residuales.- De acuerdo a la definición de Metcalf y Eddy (1995), pequeñas comunidades son aquellas con población igual o inferior a 1000 habitantes.

Al analizar el Cuadro 1 que presenta las posibilidades de tratamiento mediante lodos activados para comunidades pequeñas, se estableció que la alternativa aplicable para la magnitud de los caudales y el tipo de flujo que se generaría en esta urbanización, es un reactor secuencial por tandas SBR, que es el tipo de reactor apropiado para caudales pequeños con flujo intermitente.

Este tipo de reactores tiene muchas ventajas comparado con un sistema convencional de lodos activados, entre las que se puede citar:

- Reúne en un mismo tanque el reactor biológico y el clarificador.
- Se trabaja secuencialmente de manera que hay una fase de entrada-reacción y una fase de decantación-extracción.
- En un SBR todas las operaciones se realizan en un mismo tanque de acuerdo con un ciclo operativo, lo que origina una disminución del tamaño de las instalaciones.

- Este ciclo que se reproduce en forma continua, queda dividido en diferentes fases llenado, reacción, decantación y vaciado.
- El volumen del líquido de mezcla varía en cada fase, siendo máximo durante la reacción.
- Para el tratamiento de aguas residuales urbanas es usual optar de 2 a 6 ciclos diarios.
- Los ciclos estándar tienen una duración de 4 a 6 horas, es decir de 6 a 4 ciclos por reactor al día.

En todos los otros sistemas del Cuadro 1, el flujo debe ser continuo, que exista tanque de homogenización de caudales, sedimentación primaria, tranque de aireación, decantador secundario, recirculación de lodos, etc.

Estos pasos de tratamiento los SBR lo realizan en un solo tanque, lo que disminuye los costos de las instalaciones de manera muy significativa

Diseño del reactor SBR, determinación de variables.- Se partió de la condición de que se contará con dos reactores que funcionarán en forma alterna, y que en su primera etapa o sea para las primeras 30 viviendas habrá un ciclo diario por reactor, para terminar con 4 ciclos diarios cada reactor cuando la urbanización esté totalmente copada.

Se definió las variables que especifican correctamente la aplicación. En el caso de aguas servidas domésticas:

$$Q_o = 6.69 \text{ m}^3/\text{día} = 6690 \text{ L/día (para cada ciclo)}$$

$$S_o = 416.67 \text{ (mg/L) sustrato entrada}$$

$$X_o = 750 \text{ (mg/L) sólidos suspendidos entrada}$$

$$S_E = 50 \text{ (mg/L) sustrato de salida (norma)}$$

$$XF = 80 \text{ (mg/L) sólidos suspendidos de salida (norma)}$$

La masa diaria a abatir por cada ciclo, se calculó mediante la ecuación:

$$K = Q_o \cdot (S_o - S_E)$$

$$K = 6690 \text{ L/día (416.67 mg/L - 50 mg/L)}$$

$$= 2.45 \text{ kg/día .ciclo}$$

Razón Alimento a Masa celular, (F/M) = 0.1 día⁻¹ (valor asumido)

Sólidos en el reactor MLSS, XAR = 4000 mg/L (valor asumido)

Cálculo del volumen del reactor en baja.- El volumen del SBR en baja es de 6.13 m³. Este volumen es el que ocupará o permanecerá dentro del reactor, ocupado por el cultivo de microorganismos encargados del proceso de desdoblamiento de la materia orgánica.

Cálculo del volumen del reactor lleno.- El volumen del reactor lleno es igual al volu-

men en baja más el volumen de una tanda, y se obtuvo el valor de 12.82 m³. Este será el volumen adicional al volumen en baja, que se decantará una vez iniciado el proceso de reposo y sedimentación en cada ciclo.

Cálculo del área del reactor.- Para el cálculo del área del reactor se asumió la altura en baja:

$$H_o = 0.80 \text{ m}$$

El área del reactor, se obtuvo al dividir el volumen en baja para la altura en baja:

$$\text{Área del reactor} = 7.66 \text{ m}^2$$

Dimensiones del reactor.- La forma adoptada para el reactor es rectangular con una relación largo/ancho de 3 a 1, con la idea de cargar en un extremo y descargar por el otro extremo.

Dimensiones definitivas:

$$L = 4.80 \text{ m (largo)}$$

$$A = 1.60 \text{ m (ancho)}$$

$$\text{Área} = 7.68 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura del reactor lleno} = VRF/\text{Área}$$

$$H \text{ lleno} = 12.82 \text{ m}^3 / 7.68 \text{ m}^2 = 1.67 \text{ m}$$

Aumentamos 33 cm para seguridad e impedir los rebosamientos, entonces la altura total queda: H total = 2.00 m

Determinación de la demanda de aire.-

Para este cálculo de usó los siguientes datos.

$$DBO_5 = 0.4162 \text{ g/L}$$

$$Q_{\text{Ciclo}} = 6690 \text{ L/día.}$$

$$C_d DBO_5 = (0.4162 \text{ g/L}) (6690 \text{ L/día})$$

$$= 278438 \text{ g/día} = 2.78 \text{ kg/día}$$

$$O^{(D)}_B = 2.90 \text{ kg. O}_2/\text{kg. DBO}_5$$

$$O^{(P)}_B = 2.30 \text{ kg. O}_2 / \text{kg. DBO}_5$$

Y se obtuvo:

Para Diseño

$$\square \text{ O CDRBB} = 8.06 \text{ kg O}_2/\text{día (ciclo)}$$

Para Proceso

$$\square \text{ O CPRBB} = 6.39 \text{ kg O}_2/\text{día (ciclo)}$$

Cálculo del caudal de aire.- Este cálculo se realizó para un ciclo, con los siguientes datos:

$$fO_2 = 8 \text{ g. O}_2/\text{m}^3 \text{ aire} \cdot \text{m}_{\text{profundidad}}$$

$$h_E = 1.67 \text{ m}$$

Y se obtuvo

Para el diseño:

$$Q_{\text{Daire}} = 603.29 \text{ m}^3 \text{ aire/día (ciclo)}$$

Para proceso:

$$Q_{\text{Paire}} = 478.29 \text{ m}^3 \text{ aire/día (ciclo)}$$

Esta cantidad de aire corresponde a un ciclo y será suministrada mediante un sistema de aireación a presión de dispersión alta, mediante una red de difusores instalados en el fondo del reactor SBR.

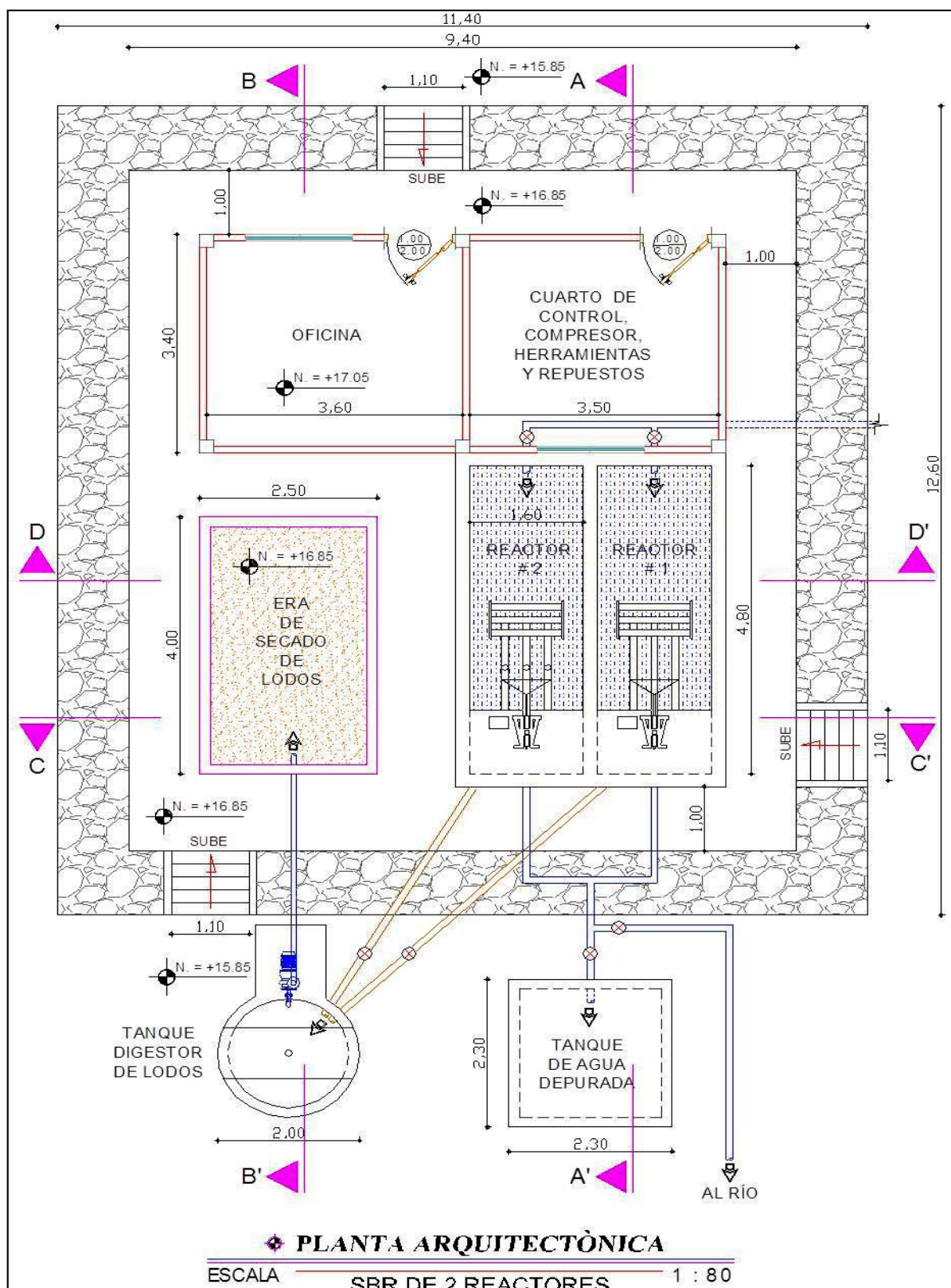


Figura 1. Implantación general de la planta de tratamiento

Demanda Específica de Energía.- Este cálculo se realizó para un ciclo, tanto para el diseño como para el proceso y para condiciones medias, con los siguientes datos:

$$A' = 6 \text{ Wh/m}^3_{\text{aire}} \cdot m_{\text{profundidad}}$$
$$Q_{\text{Daire}} = 603.29 \text{ m}^3_{\text{aire}}/\text{día (ciclo)}$$
$$Q_{\text{Paire}} = 478.29 \text{ m}^3_{\text{aire}}/\text{día (ciclo)}$$

Y se obtuvo:

$$P^{(D)} = 604497 \text{ Wh/ciclo}$$

$$P^{(P)} = 479247 \text{ Wh/ciclo}$$

Este valor de calcular el costo de la energía consumida en cada ciclo de aireación dentro del reactor.

CONCLUSIONES

El diseño propuesto desde el punto de vista hidráulico-ambiental mediante reactores secuenciales por tandas, es el apropiado para obtener los mejores resultados, debido a que es una comunidad pequeña, con caudales muy variables y flujo intermitente.

El sistema de reactor secuencial por tandas SBR, resulta el más económico, por cuanto el área que ocupara sus instalaciones será aproximadamente la cuarta parte de un sistema convencional de lodos activados de flujo continuo, ya que todos los pasos del tratamiento se realizan en un mismo tanque, se eliminan los equipos para recirculación de lodos, sedimentador primario y decantador secundario.

LITERATURA CITADA

Calvo, E. 2003. Escuela Universitaria de Ingeniería de Barcelona. Disponible: ftp://ftp-urgell.upc.es/Quimica/M.Graells/PFC/2003-GEN_Encarnaci%F3n_Calvo/PFC_2003_ECalvo_MEMO.pdf.

Crites, R y Tchobanoglous, G. 1997. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Bogotá-Colombia.

EPA (Agencia de Protección Ambiental), 1999. Folleto informativo de aguas residuales. Reactores secuenciales por tandas. Office of Water Washington, D.C. p. 1-11.

Glynn, J; Heinke, G. 1999. Ingeniería Ambiental. ISBN: 970-17-0266-2. México D.F. p 383, 895 – 407.

ESPAM. 2012. Tratamiento de aguas residuales. Módulo de Maestría Ciencias Ambientales. ESPAM – MFL. Calceta - Manabí, EC. p 43.

Metcalf y Eddy 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. ISBN: 0-07-041690-7. Madrid, ES. p 169 – 180

MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador). 1992. Norma CO 10.07-601: Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/normas.pdf>

OMS (Organización Mundial de la Salud) 2004. Informe del recurso agua a nivel Mundial I. Consultado 04 de Marzo de 2013. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html

SNI (Sistema Nacional de Información). 2011. Infoplan. Aplicativo que contiene información estadística y geográfica. CD.

TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental) 2002. Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), glosario de términos. Libro VI, Título I. Ministerio del Ambiente, EC. p 199 – 205.