

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES BELLO (MEDELLÍN, COLOMBIA)



BELLO WASTEWATER TREATMENT PLANT (MEDELLÍN, COLOMBIA)

Introducción

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello ubicada en terrenos localizados en el municipio de Bello, donde las Empresas Públicas de Medellín cuentan con un lote de 45 hectáreas. Los municipios de Medellín y Bello están ubicados en el Valle de Aburrá, en la zona central del departamento de Antioquia, en la República de Colombia, al noroccidente de Suramérica.

Las aguas residuales son conducidas hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello a través de un conjunto de colectores e interceptores. El proyecto completo ha incluido la construcción de un interceptor de 8 km de longitud y un diámetro medio de 2,2 m, aproximadamente, y la Planta de Tratamiento, tiene una capacidad media de diseño de 5 m³/s y una capacidad máxima de 6,5 m³/s. La construcción del proyecto contribuye al saneamiento del río Medellín, logrando niveles de oxígeno disuelto por encima de 5,0 mg/l. Esto significa una mejora en la calidad de vida de los habitantes del Valle de Aburrá, especialmente los de los municipios del norte.

La Planta es de tratamiento secundario, del tipo de lodos activados, con espesamiento de lodos primarios y secundarios, deshidratación de lodos digeridos, y sistemas de control de olores. La Planta cuenta con procesos de recuperación de energía, a través de los cuales se realiza la autogeneración eléctrica, para abastecer parte de la energía total demandada por la operación Planta.

Tratamiento preliminar y primario

Mediante el tratamiento preliminar de las aguas residuales se realiza una primera etapa de tratamiento a las aguas residuales, en la que se eliminan tanto los sólidos gruesos (basuras y objetos de gran tamaño tales como troncos o ramas de árboles, tubos, rocas, etc.), como las arenas contenidas en el agua residual afluente

Introduction

The Bello Wastewater Treatment Plant (WWTP) is located in the municipality of Bello, where Empresas Públicas de Medellín (Medellín Publicly Owned Enterprises) have lands with a surface area of 45 hectares. The municipalities of Medellín and Bello are located in the Aburrá Valley in the centre of the Department of Antioquia, in the Republic of Colombia, in the northwest of South America.

The wastewater is conveyed to the Bellow WWTP through a network of sewers and interceptor sewers. The project included the construction of an interceptor sewer with a length of 8 km and an average diameter of around 2.2 m. The plant has an average design capacity of 5 m³/s and a maximum capacity of 6.5 m³/s. The construction of this infrastructure contributes to the sanitation of the River Medellín, achieving dissolved oxygen levels of over 5.0 mg/l. The result is a better quality of life for the residents of the Aburrá Valley, particularly those living in the northern municipalities.

The WWTP implements activated sludge secondary treatment, with thickening of primary and secondary sludge, dewatering of digested sludge and odour control systems. The facility is equipped with energy recovery processes, through which electricity is generated for self-consumption.

Pretreatment and primary treatment

The raw wastewater undergoes an initial pretreatment stage to remove bulky solids (refuse and large objects such as tree trunks and branches, pipes, rocks etc.) and grit. Large solids are removed by means of a set of self-cleaning mechanical bar screens (large-solids and fine-solids screens). Degritters and associated



a la Planta. Para la eliminación de los sólidos gruesos se utiliza un conjunto de rejas mecánicas autolimpiantes (rejas gruesas y rejas finas); para la eliminación de las arenas se utilizan desarenadores y su equipo asociado para limpiar y clasificar las arenas extraídas.

La Planta Bello cuenta con un conjunto de seis rejas mecánicas gruesas y seis rejas mecánicas finas, y con ocho tanques desarenadores rectangulares aireados. Tanto los sólidos resultantes en el cribado mediante las rejas gruesas y finas como las arenas extraídas son depositadas en contenedores y manejados y transportados por medio de unas estaciones automáticas.

Teniendo en cuenta que el interceptor encargado de llevar las aguas residuales hasta la Planta Bello, entrega las aguas residuales a una profundidad por debajo de la cota del terreno de la Planta, una vez se haya realizado la remoción de materiales sólidos en las rejas y en los desarenadores se requiere aumentar la energía hidráulica de las aguas residuales para que fluyan hacia el proceso del tratamiento primario, el cual quedará ubicado a nivel de la superficie del terreno de la Planta. Para tal efecto la planta cuenta con el sistema de bombeo del caudal afluente (también denominado “bombeo de entrada”, o bien, “bombeo de agua residual cruda”). Este bombeo consta de seis bombas centrífugas horizontales de pozo seco (cuatro en operación y dos de reserva).

Para llevar a cabo el tratamiento primario de las aguas residuales, se utilizan los sedimentadores primarios, los cuales se encargan de eliminar sólidos de menor tamaño que no son extraídos en el tratamiento preliminar. Dentro de estos sólidos de menor tamaño existen materiales livianos (tales como grasas, aceites y espumas) los cuales flotan en la superficie de los sedimentadores primarios y se retiran mecánicamente; también existen otros sólidos más pesados que se depositan en el fondo de los tanques de sedimentación primaria, en donde son barridos y concentrados, mediante mecanismos barrelosos, en una tolva

of the wastewater so that it flows to primary treatment, which is located at ground level within the WWTP. For this purpose, the plant is fitted with an influent pumping station (also called “inlet pumping station” or “raw wastewater pumping station”). This pumping station consists of six (4+2 standby) horizontal centrifugal pumps installed in a dry well.

Two primary settlers are used to carry out primary treatment. These settling tanks remove smaller solids not extracted in pretreatment. These smaller-sized solids include light materials (grease, oil and foam), which float on the surface of the primary settling tanks and are mechanically removed. The heavier solids accumulate on the floor of the primary settling tanks, where they are swept and concentrated by means of sludge-sweeping mechanisms and sent to a hopper arranged on the tank floor. These solids are extracted from the primary settling tanks and sent to the primary sludge thickening process by a set of pumps called the “primary sludge pumps”. Primary sludge thickening is carried out using the force of gravity.



equipment are used to remove grit, and then to clean and classify it.

The Bello WWTP is fitted with six mechanical, large-solid bar screens and six mechanical, fine-solid bar screens, as well as rectangular, aerated degritting tanks. The solids removed by the large and fine-solid bar screens, and the extracted grit are deposited in containers and handled and conveyed by means of automatic conveyors.

The interceptor carries the wastewater to the Bello facility at a depth below that of WWTP ground level. Once the solids have been removed by the bar screens and degritters, it is necessary to increase the hydraulic energy

At the Bello WWTP, primary settling is carried out in 16 rectangular settlers, arranged in four modules, each of which has four primary settling tanks.

Secondary treatment: bioreactors and secondary settling

Subsequent to primary treatment, the wastewater is sent by gravity to biological treatment, which is carried out in the aeration tanks. On entering the aeration tank, the wastewater comes into contact with the biomass or activated sludge, which is made up of aerobic bacteria. The oxygen required by these bacteria is supplied in the form of fine air bubbles by blowers and a diffuser network arranged on the bottom of the aeration tanks.

ubicada en el fondo del tanque. Estos sólidos son extraídos de los tanques de sedimentación primaria y enviados al proceso de espesamiento de lodos primarios, mediante un conjunto de bombas denominadas “bombas de lodo primario”. El espesamiento de los lodos primarios se realiza por acción de la fuerza de la gravedad.

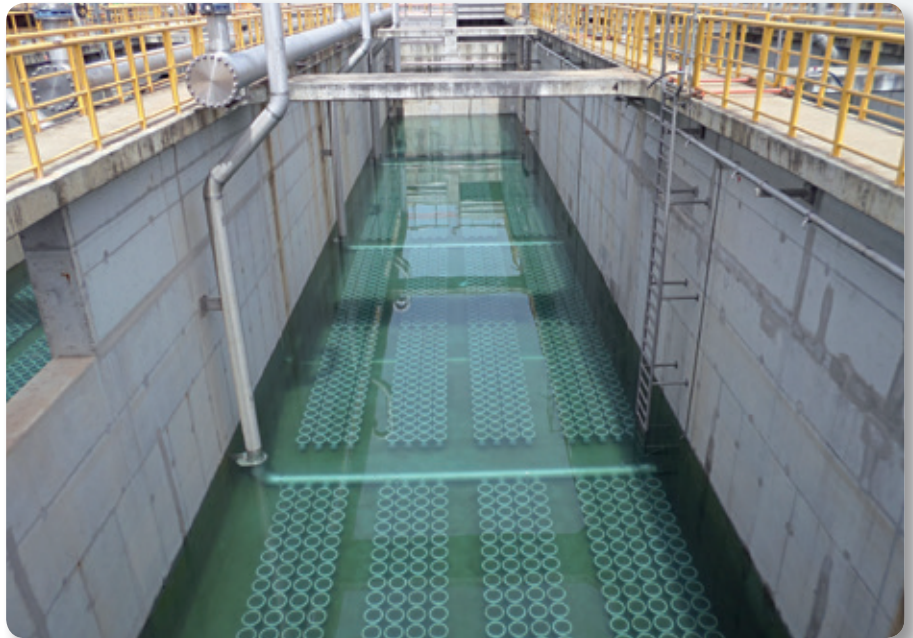
En la Planta Bello el proceso de sedimentación primaria se lleva a cabo con un conjunto de 16 sedimentadores rectangulares, agrupados en cuatro módulos (cada módulo incluye cuatro tanques sedimentadores primarios).

Tratamiento secundario: reactores biológicos y sedimentación secundaria

Una vez se ha efectuado el tratamiento primario, las aguas residuales son conducidas por gravedad hacia el tratamiento biológico, el cual se realiza en los tanques de aireación. El agua residual al entrar al tanque de aireación hace contacto con la biomasa o “lodo activado”, el cual está formado por bacterias aeróbicas. El oxígeno que necesitan estas bacterias es suministrado en forma de burbujas finas de aire mediante los sopladores y una red de difusores dispuesta en el fondo de los tanques de aireación.

Cada reactor (tanque de aireación) tiene una configuración de alimentación por pasos en una cascada de 9 cámaras o sub-reactores de mezcla completa. Se estima que con las temperaturas que se esperan en el agua residual, se presenta el proceso de nitrificación – desnitrificación. Para que se haga de una manera controlada, unas zonas de los tanques de aireación no cuentan con suministro de aire, pero sí mezcla (éstas se denominan “zonas anóxicas”). Se han instalado cuatro tanques de aireación y la planta utiliza cinco sopladores (cuatro en operación y uno de reserva).

A continuación del tratamiento biológico, las aguas residuales son conducidas por gravedad hacia el proceso de sedimentación secundaria, el cual consiste de grandes tanques en los que se logran velocidades muy bajas de desplazamiento del agua residual, lo cual hace que las bacterias aeróbicas que se alimentaron de la materia orgánica y crecieron en el tratamiento biológico, se sedimenten ahora en los tanques de sedimentación secundaria debido



Each reactor (aeration tank) features a step-by-step feed-in configuration and a cascade arrangement of nine (9) chambers or sub-reactors in which complete mixing is carried out. The nitrification-denitrification process is expected to take place naturally, given the temperature of the wastewater. To ensure that the process is carried out in a controlled manner, some zones of the aeration tanks, called anoxic zones, do not have an air supply but are fitted with mixers. Four aeration tanks and five blowers (4+1 standby) are installed at the plant.

Following biological treatment, the wastewater is sent by gravity to the secondary settling process. This process is carried out in large settling tanks in which very low wastewater displacement velocities are achieved, which enables the aerobic bacteria, which feed on the organic matter and grow during biological treatment, to settle by virtue of their weight, and form what is known as secondary sludge. The secondary sludge accumulates on the floor of the tanks, where it is concentrated by means of sludge-sweeping mechanisms and extracted by means of a pumping system. Part of the secondary sludge taken from the tanks is recirculated to the aeration tanks to enable adequate concentrations of biomass (this is called return sludge). The sludge not recirculated is called waste or excess sludge and is pumped to the sludge thickening process.



The plant is equipped with eight circular secondary settling tanks. The secondary sludge is recirculated to biological treatment (to the aeration tanks) by means of horizontal centrifugal pumps. The plant has two pumping stations for this purpose, each of which is equipped with five (4+1 standby) centrifugal pumps.

Sludge thickening and dewatering

The sludge thickening process consists of the removal of excess water from the sludge produced in primary and secondary settling. The objective is to increase the density of the sludge mass and reduce its volume in order to increase the efficiency and reduce the footprint of the infrastructure required for the following sludge stabilisation process.

The primary sludge is thickened in three gravity thickeners until it has a solids content of 5%. The excess secondary sludge is thickened in four

a su propio peso, y constituyendo el denominado “lodo secundario”. El lodo secundario se deposita en el fondo de los tanques en donde son concentrados, mediante mecanismos barrelosos, en una tolva central, desde la cual son retirados mediante un sistema de bombeo. Una parte del lodo secundario que se retira de estos tanques se recircula hacia los tanques de aireación para mantener allí concentraciones adecuadas de biomasa (estos se denominan “lodos de retorno”). La parte del lodo que no se recircula se denomina “lodos de desecho” o “lodos de “exceso”, y es enviada mediante unidades de bombeo hacia el proceso de espesamiento de lodos.

Para llevar a cabo el proceso de sedimentación secundaria la Planta cuenta con ocho tanques de sedimentación secundaria circulares. El lodo secundario se recircula hacia el tratamiento biológico (hacia los tanques de aireación) utilizando bombas centrífugas horizontales como parte de la estación de bombeo de lodos de retorno. La planta cuenta con dos estaciones de bombeo cada una con 5 bombas centrífugas (4 en funcionamiento y una de reserva).

Espesamiento y deshidratación de lodos

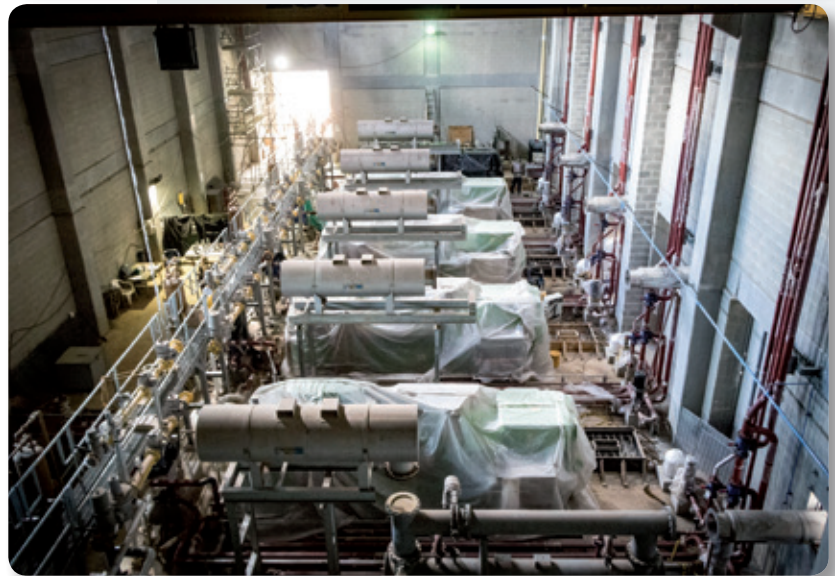
El proceso de espesamiento de los lodos consiste en la eliminación del exceso de agua de los lodos producidos en la sedimentación primaria y en la sedimentación secundaria, con el objeto de aumentar la densidad de la masa de lodos y disminuir su volumen para aumentar la eficiencia y disminuir el tamaño de la infraestructura requerida para el proceso siguiente de “estabilización de lodos”.

Los lodos primarios son espesados hasta 5% de contenido de sólidos, mediante tres tanques espesadores por gravedad. Los lodos secundarios de desecho son espesados mediante cuatro centrifugas de espesamiento (tres en operación y una de reserva), para lograr un contenido de sólidos del 6%. El lodo de desecho alimenta a las centrifugas espesadoras mediante el sistema de bombeo de lodos de desecho, el cual utiliza cuatro bombas de cavidad progresiva (tres en operación y una de reserva). El lodo de desecho una vez espesado es bombeado hacia el proceso de estabilización de lodos mediante otras cuatro bombas de cavidad progresiva (tres en operación y una de reserva).

Una vez el lodo ha sido espesado, es conducido hacia el tratamiento de “estabilización de lodos” el cual se realiza mediante digestores anaeróbicos y se describe más adelante. Después del proceso de estabilización, el lodo es bombeado hacia el proceso de “deshidratación de lodos”, mediante el cual se busca obtener una alta concentración de sólidos (del orden del 28% de contenido de sólidos), con el objeto de reducir el volumen final del lodo, para minimizar los costes de transporte y mejorar la eficiencia de los procesos posteriores que pueden efectuarse al lodo deshidratado para adecuarlo para su uso final (compostaje, secado, incineración, etc.).

Estabilización de lodos y recuperación de energía

Para realizar la estabilización de los lodos la Planta Bello utiliza seis digestores anaeróbicos, los cuales mantienen los lodos a una temperatura de 35°C, con lo cual, las bacterias aeróbicas contenidas en ellos transforman los lodos en gas metano (denominado gas de digestión), CO₂ y agua, a la vez que logran la estabilización del lodo. El lodo estabilizado se denomina “biosólido”.



(3+1 standby) centrifuges to achieve a solids content of 6%. The excess sludge is fed into the thickeners by the excess sludge pumping system, which consists of four (3+1 standby) progressive cavity pumps. Once thickened, the excess sludge is pumped to the sludge stabilisation process (to the anaerobic digesters) by a further four (3+1 standby) progressive cavity pumps

Sludge stabilisation, which is described in the next section, is carried out in anaerobic digesters. When the stabilisation process is completed, the sludge is pumped to the sludge dewatering process, the objective of which is to obtain a high concentration of solids (around 28%) in order to reduce the final volume of the sludge. This serves to minimise transportation costs and improve the efficiency of subsequent processes that the dewatered sludge may undergo to make it suitable for its end use (composting, drying, incineration, etc.).

Sludge stabilisation and energy recovery

The Bello WWTP uses six anaerobic digesters for sludge stabilisation. These digesters keep the sludge at a temperature of 35°C, enabling the aerobic bacteria to convert the sludge into methane gas (digester gas), CO₂ and water, whilst at the same time stabilising it. The stabilised sludge is known as biosolids.

In order to homogenise the temperature of the sludge inside the digesters, it is mixed by means of mechanical mixers installed in each digester. A set of pumps is also installed to recirculate the



Para homogeneizar la temperatura de los lodos en el interior de los digestores se requiere proveer su mezcla continua mediante los mezcladores mecánicos de lodo con que cuenta cada digestor. Adicionalmente, es preciso contar con un conjunto de bombas para recircular el lodo en el digestor y proveer el calentamiento continuo a través de intercambiadores de calor agua-lodo.

El biosólido, después del proceso de estabilización, es conducido hacia los tanques de almacenamiento de lodo digerido, los cuales proveerán una reserva de volumen para eventuales situaciones de emergencia que impliquen suspender transitoriamente la evacuación de biosólidos de la Planta. La Planta Bello cuenta con tres tanques de almacenamiento de lodos digeridos.

En la Planta Bello, el gas de digestión (o biogás) producido en los digestores se almacena en un conjunto de tres tanques de almacenamiento de gas. El poder calorífico de este biogás es aprovechado para generar energía eléctrica a través de un conjunto de seis motogeneradores estacionarios (máquinas de combustión interna duales para gas natural y biogás), esta energía eléctrica alimenta la red eléctrica interna de la Planta, hasta cubrir aproximadamente una demanda de energía equivalente al 30% de la demanda eléctrica total de la Planta. Para recuperar el biogás en los digestores y transferirlo hacia y desde los tanques de almacenamiento hasta los motogeneradores se instalará un sistema completo de purificación y compresión del biogás, incluyendo trampas de espuma, filtros de grava, cerámicos y de carbón activado, planta de desulfurización, planta de secado y compresores.

Control de olores

La Planta Bello cuenta con un sistema de control de olores mediante torres lavadoras de flujo cruzado. Se utilizan dos sistemas de control de olores independientes para atender las necesidades de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello.

El sistema de control de olores cubrirá las siguientes zonas y procesos de la Planta:

- 1) Edificio de rejas y contenedores
- 2) Zona de desarenadores y clasificadores de arenas
- 3) Tanques de sedimentación primaria
- 4) Canales de entrada de los reactores biológicos
- 5) Tanques de espesamiento del lodo primario
- 6) Pozos húmedos intermedios para transferencia de lodos a los diferentes procesos
- 7) Edificio de lavado de camiones
- 8) Zona de silos de almacenamiento de lodos deshidratados y conexiones de control de olores de las centrifugas de espesamiento y deshidratación.



sludge in the digesters and continuous heating is supplied by means of water-sludge heat exchangers.

Subsequent to the stabilisation process, the biosolids are sent to the digested sludge storage tanks, which also provide reserve storage volume in the event that sludge evacuation from the WWTP has to be temporarily suspended. The Bello WWTP is fitted with three digested sludge storage tanks.

At the Bello WWTP, the digester gas (or biogas) produced in the digesters is stored in a set of three gas storage tanks. The calorific value of this biogas is availed of to generate electricity by means of six stationary engine generators (dual natural gas and biogas units). This electricity is injected into the plant's internal grid and covers approximately 30% of total electricity demand at the facility. A comprehensive biogas purification and compression system is installed to recover the biogas in the digesters and transfer it to the storage tanks, and from the storage tanks to the engine generators. This system features foam traps; gravel, ceramic and activated carbon filters; desulphurisation and drying plants; and compressors.

Odour control

The Bello WWTP is equipped with two independent odour control systems featuring crossflow tower scrubbers.

The odour control systems cover the following plant areas and processes:

- 1) Bar screen and container building
- 2) Degritting and grit classification area
- 3) Primary settling tanks
- 4) Bioreactor inlet channels
- 5) Primary sludge thickening tanks
- 6) Intermediate wet-well pumping stations for sludge transfer to the different processes
- 7) Truck cleaning building
- 8) Area of dewatered sludge storage silos and odour control connections to sludge thickening and dewatering centrifuges