



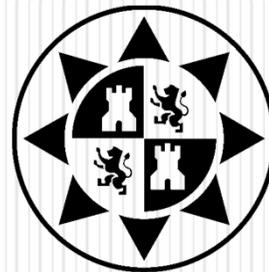
Estudio Fluido Dinámico de un Digestor de Fangos, como herramienta para la optimización técnico - económica de la etapa de digestión.

Francisco José Hurtado Sánchez

Antonio Sánchez Káiser

Blas Zamora Parra

Antonio Viedma Robles



**GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE FLUIDOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

ÍNDICE

1. OBJETIVOS
2. MODELIZACIÓN NUMÉRICA.
3. ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS.
4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.
5. ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.
6. CONCLUSIONES

OBJETIVOS

DESARROLLO DE LA MODELIZACIÓN NUMÉRICA DE UN DIGESTOR DE MEZCLA CONTINUA PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON OBJETO DE ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO ESTABLECIDO EN SU INTERIOR Y LA INFLUENCIA SOBRE ÉSTE DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN:

- POTENCIA.
- DISEÑO.
- RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO.

MODELIZACIÓN NUMÉRICA

2.1. GEOMETRÍA.

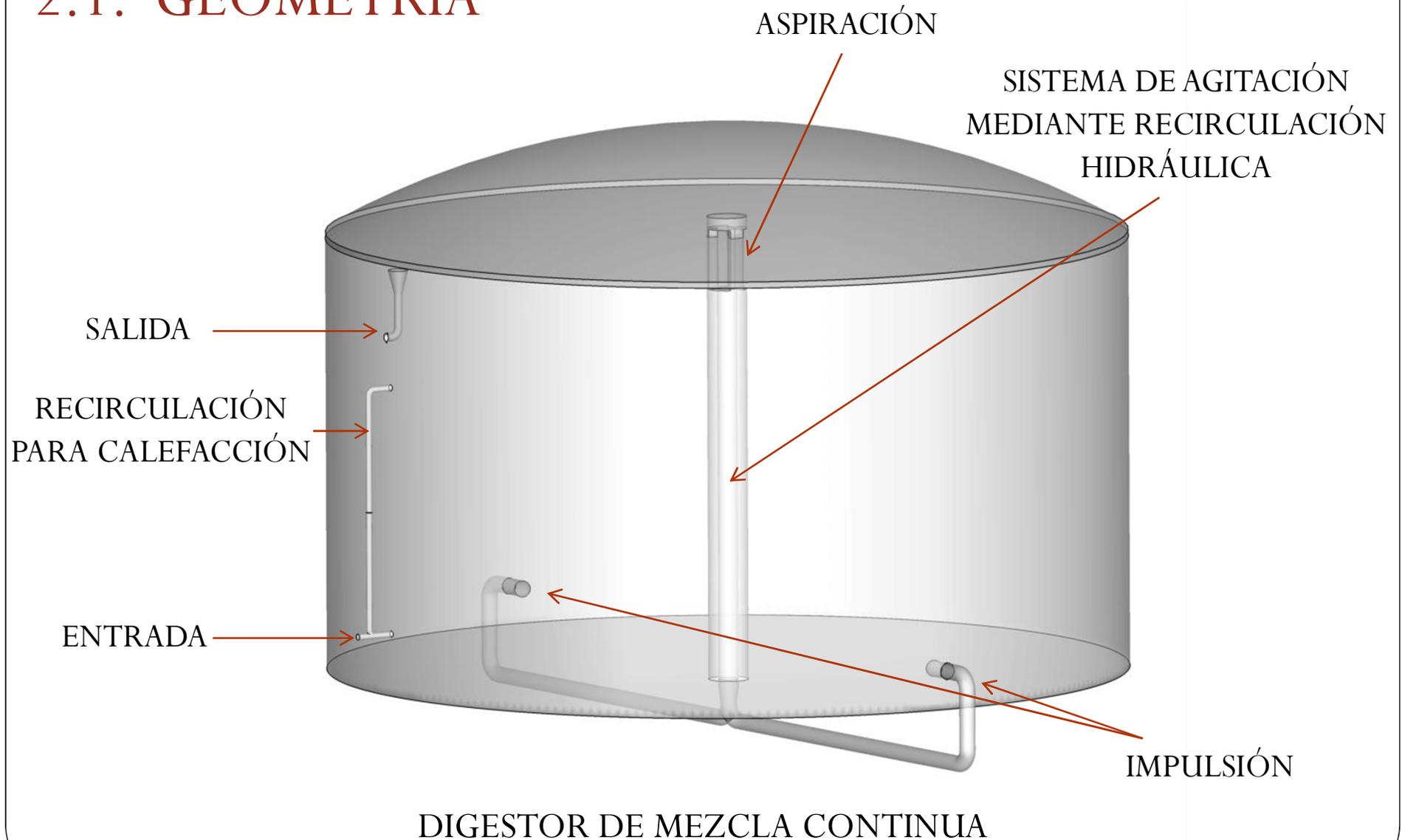
2.2. MALLADO.

2.3. CONDICIONES DE CONTORNO.

2.4. MÉTODO DE RESOLUCIÓN.

MODELIZACIÓN NUMÉRICA

2.1. GEOMETRÍA



MODELIZACIÓN NUMÉRICA

2.2. MALLADO



DISCRETIZACIÓN DEL VOLUMEN FLUIDO EN
1.886.565 VOLÚMENES TETRAÉDRICOS

MODELIZACIÓN NUMÉRICA

2.3. CONDICIONES DE CONTORNO

- CAUDALES A LA ENTRADA Y SALIDA.
- SALTO DE PRESIÓN INTRODUCIDO POR LOS SISTEMAS DE IMPULSIÓN.
- CARACTERÍSTICAS DE LOS FANGOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

2.4. MÉTODO DE RESOLUCIÓN

- FLUJO TURBULENTO → MODELO DE VISCOSIDAD $k-\epsilon$ ESTÁNDAR CON FUNCIONES LOGARÍTMICAS DE PARED.
- ESTUDIO DE LAS TRAYECTORIAS FLUIDAS → MODELO LAGRANGIANO DE FASE DISCRETA.
- RESOLUCIÓN → METODO DE DISCRETIZACIÓN DE VOLÚMENES FINITOS DEL CÓDIGO *ANSYS FLUENT*.

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

ESTUDIO DEL FLUJO EN EL INTERIOR DEL DIGESTOR BAJO LAS CONDICIONES NOMINALES DE OPERACIÓN.

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO DE FANGOS.

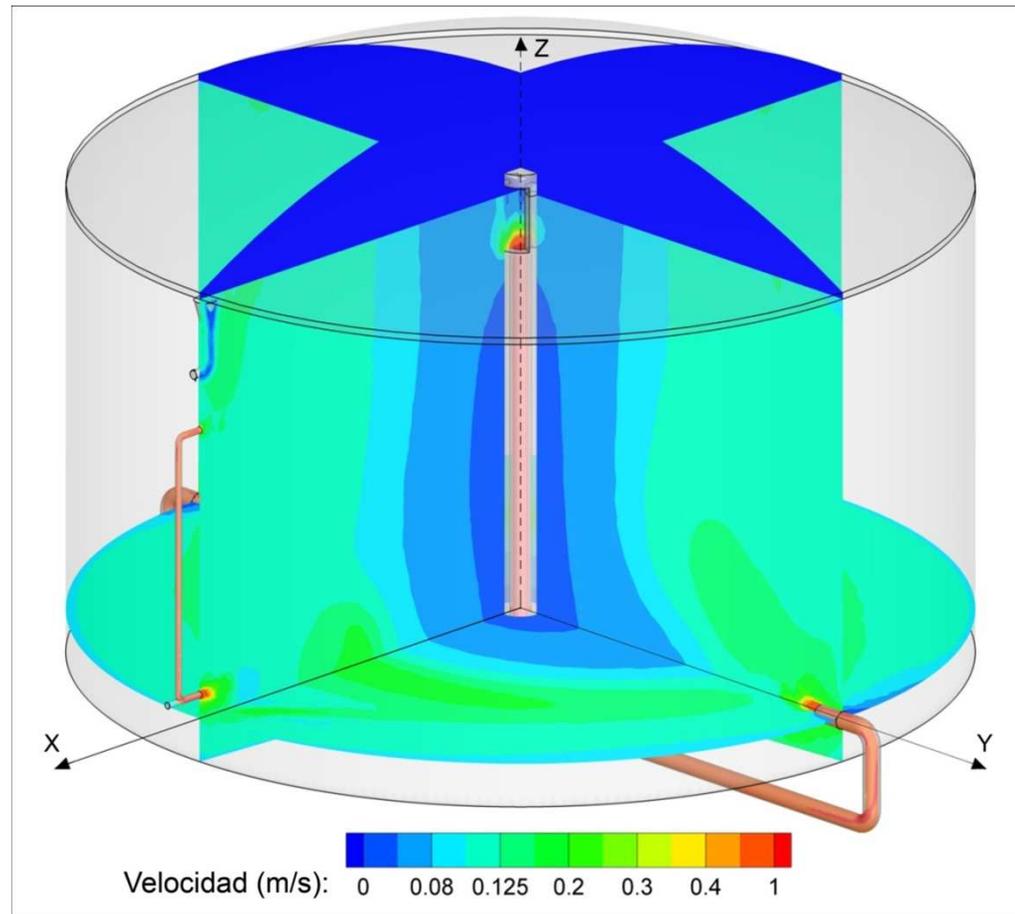
3.2. VOLÚMENES ACTIVOS.

3.3. TRAYECTORIAS FLUIDAS Y TIEMPOS DE RESIDENCIA.

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO

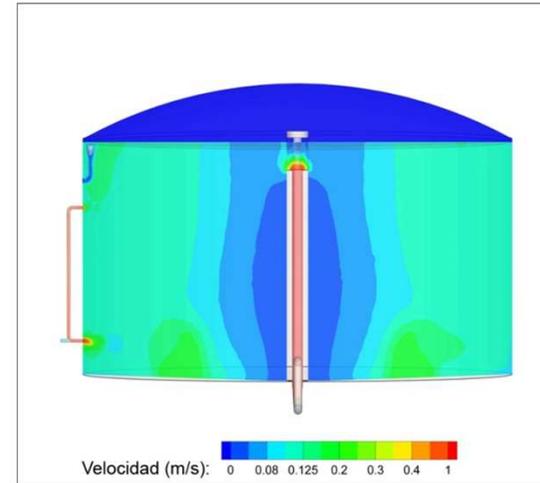
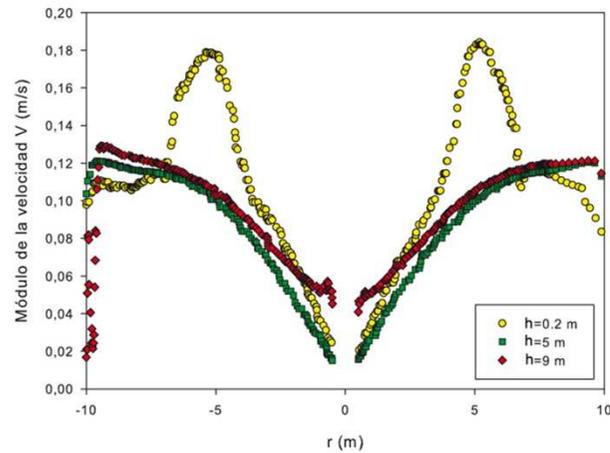
CONTORNOS DE VELOCIDAD DEL FLUJO



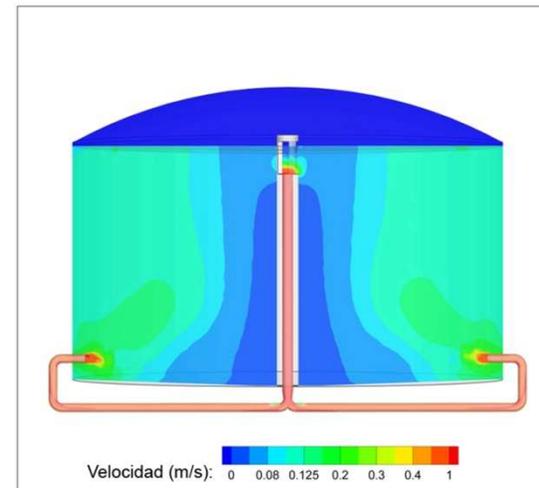
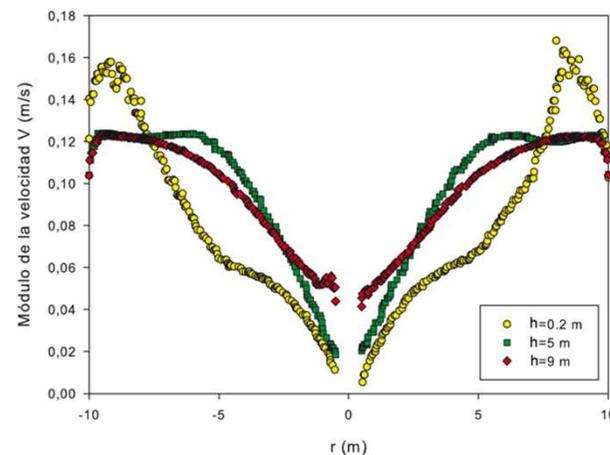
VELOCIDAD MEDIA DE LOS FANGOS $\rightarrow v_{MED} = 0.11$ (m/s).

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO



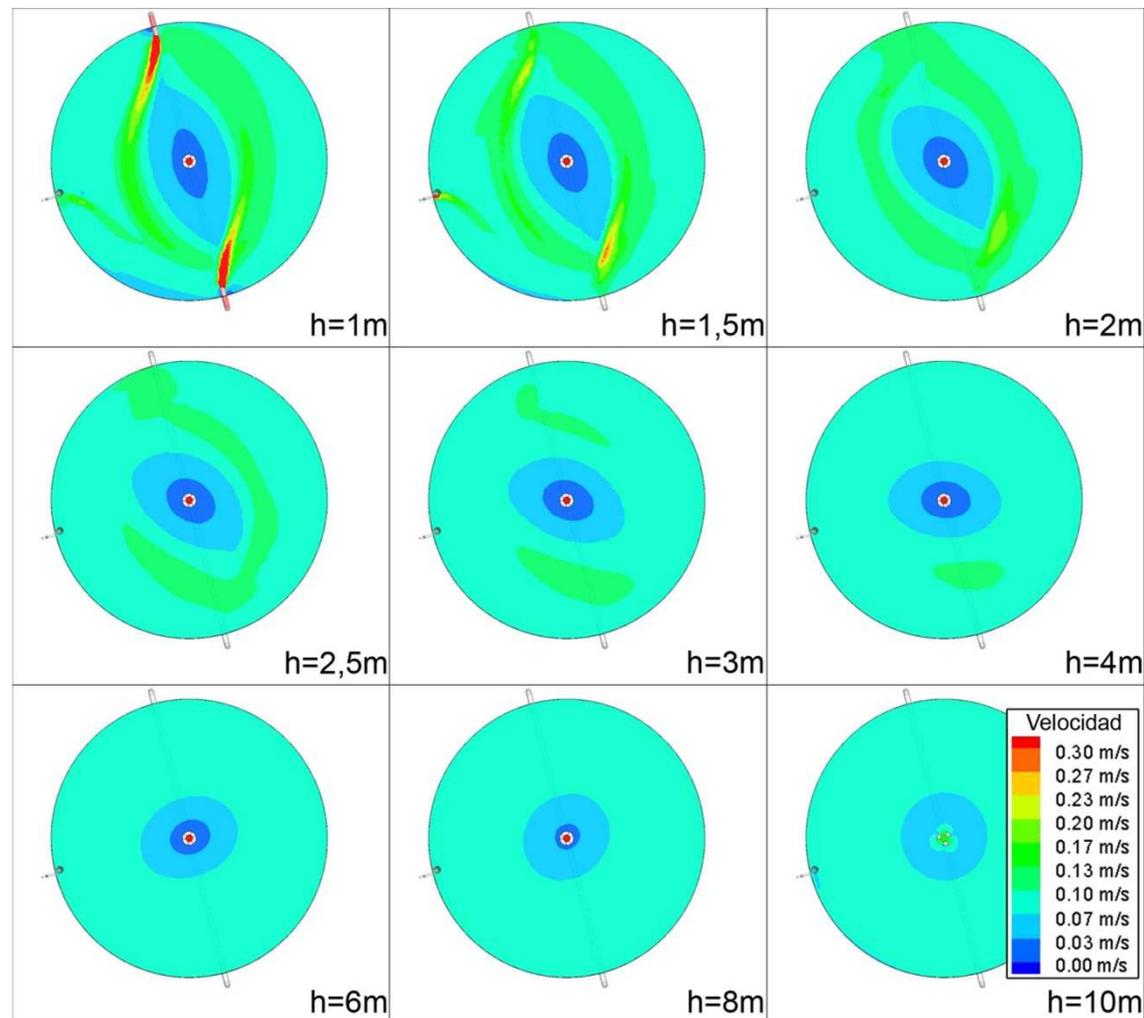
MÓDULO DE LA VELOCIDAD A DIFERENTES ALTURAS PARA EL PLANO XZ



MÓDULO DE LA VELOCIDAD A DIFERENTES ALTURAS PARA EL PLANO YZ

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO

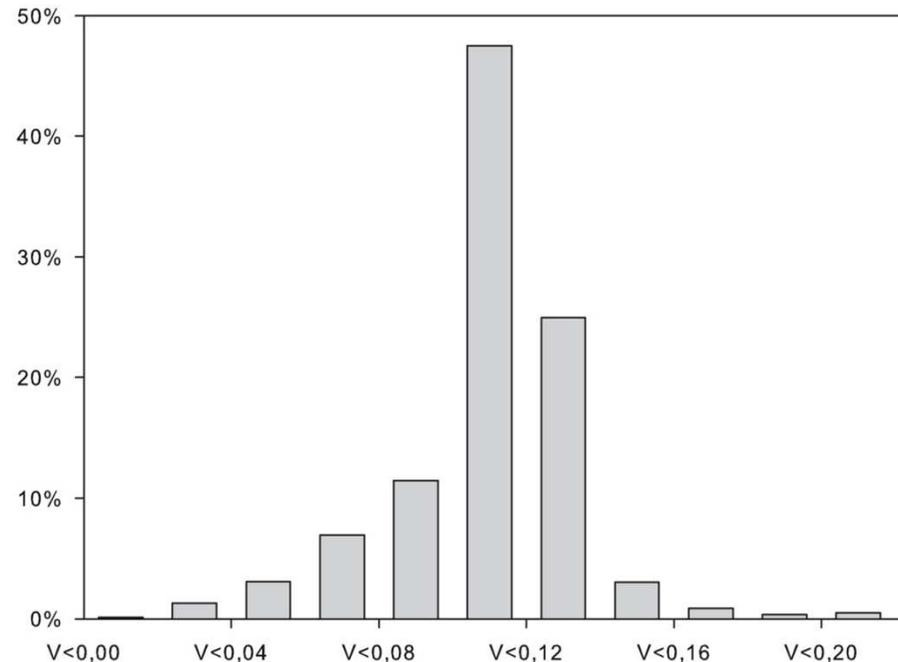


EVOLUCIÓN DE LOS CONTORNOS DE VELOCIDAD CON LA ALTURA

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

PORCENTAJES DE VOLUMEN ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES



VELOCIDAD MÁXIMA $\rightarrow v_{MAX} \approx 0.3$ (m/s).

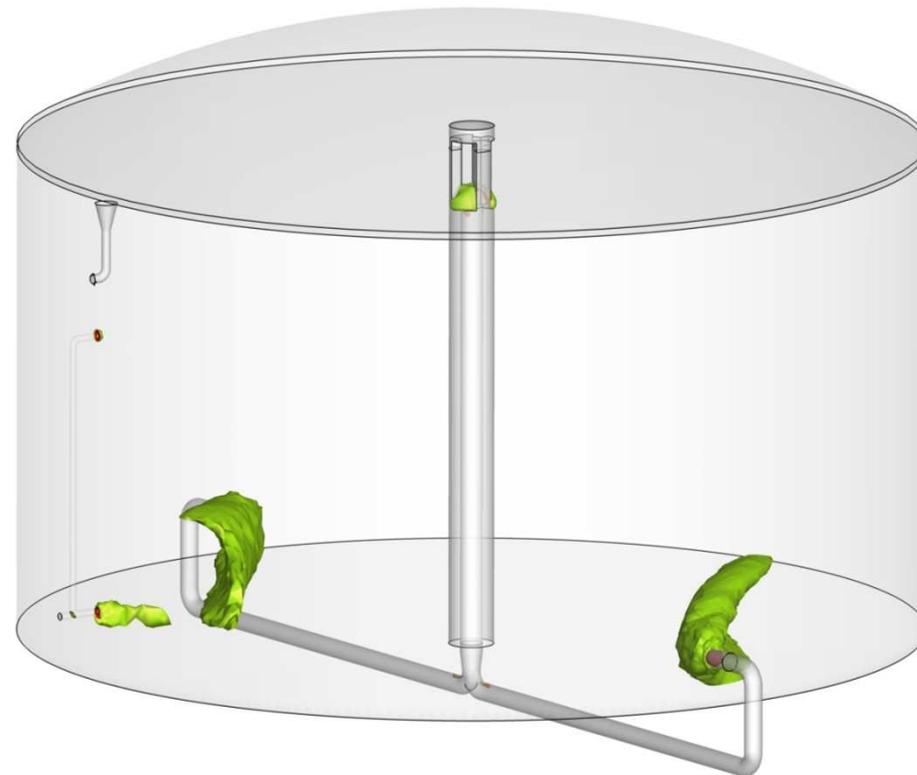
VELOCIDAD LÍMITE DE ESTANCAMIENTO (Vesvikar y Al Dahhan [1]) $\rightarrow v_{LIM} = 5\%(v_{MAX}) \approx 0.02$ m/s.

VOLUMEN ACTIVO = VOLUMEN DE FANGOS EN EL DIGESTOR CON VELOCIDAD > 0.02 m/s.

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES



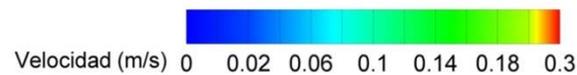
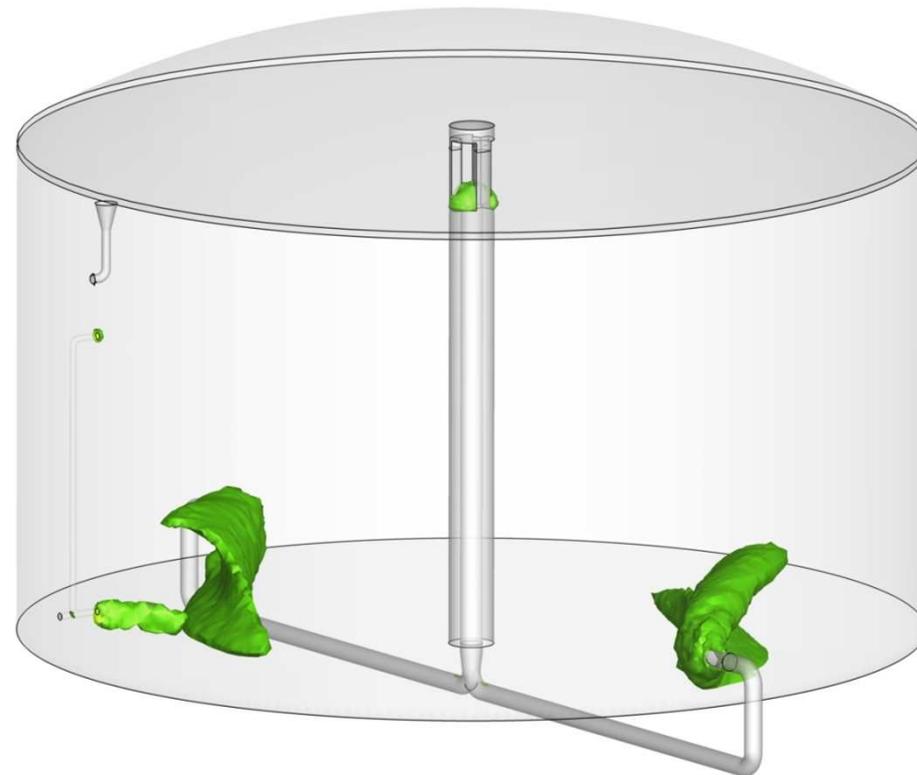
Velocidad (m/s) 0 0.02 0.06 0.1 0.14 0.18 0.3

$$0,2 \text{ m/s} < v < 0,3 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

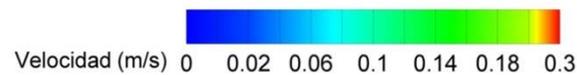
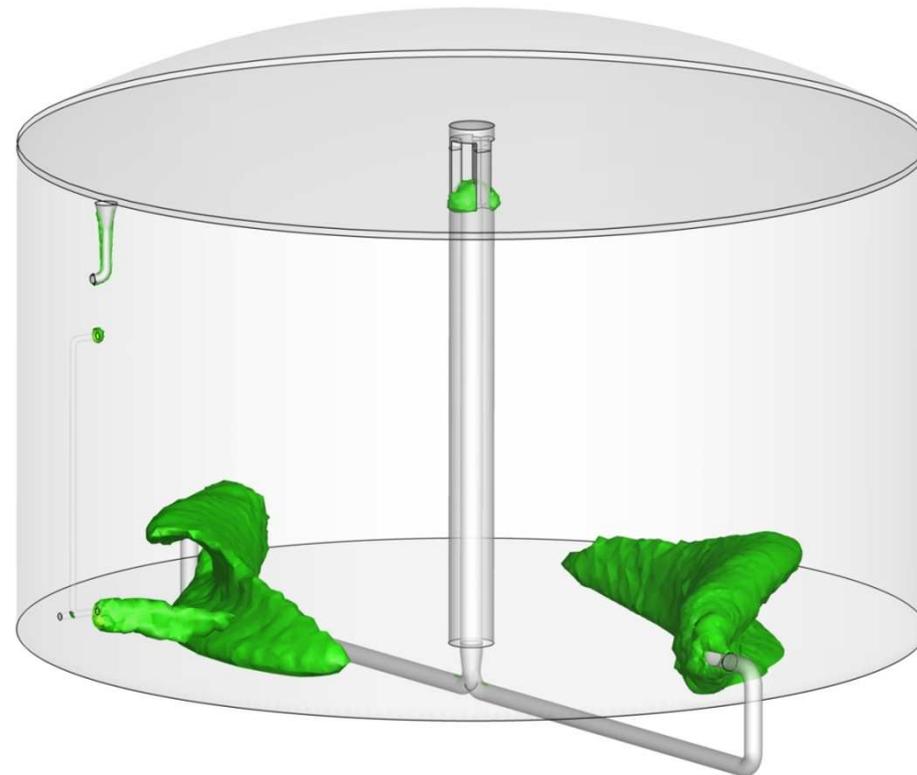


$$0,18 \text{ m/s} < v < 0,20 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

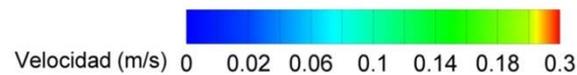
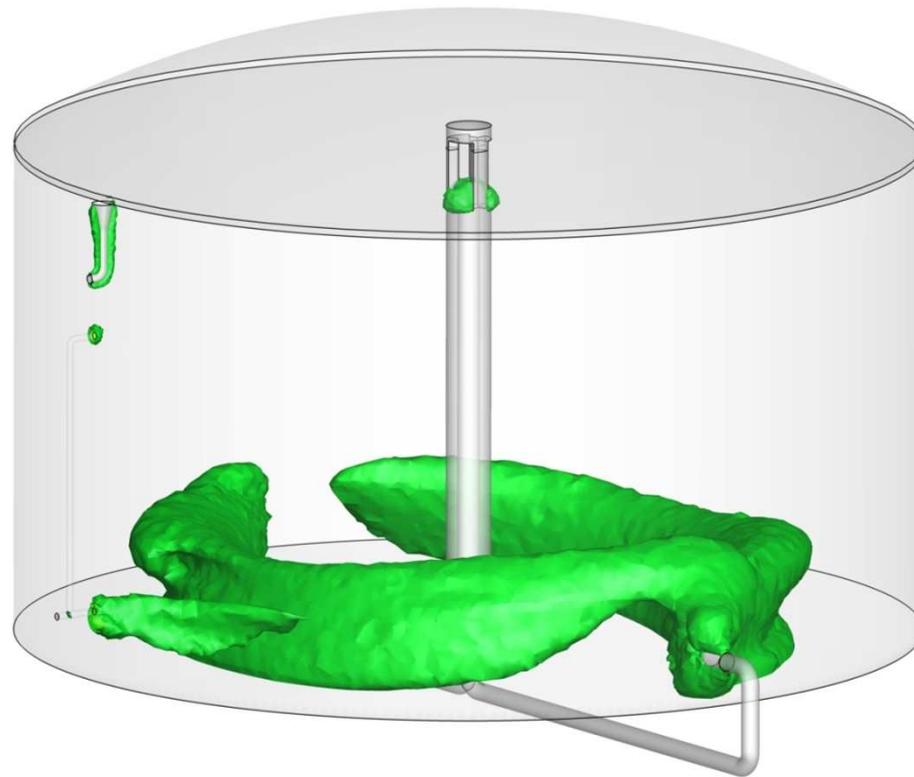


$$0,16 \text{ m/s} < v < 0,18 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

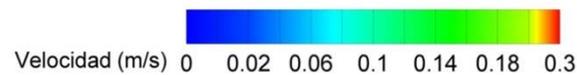


$$0,14 \text{ m/s} < v < 0,16 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

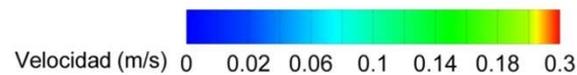
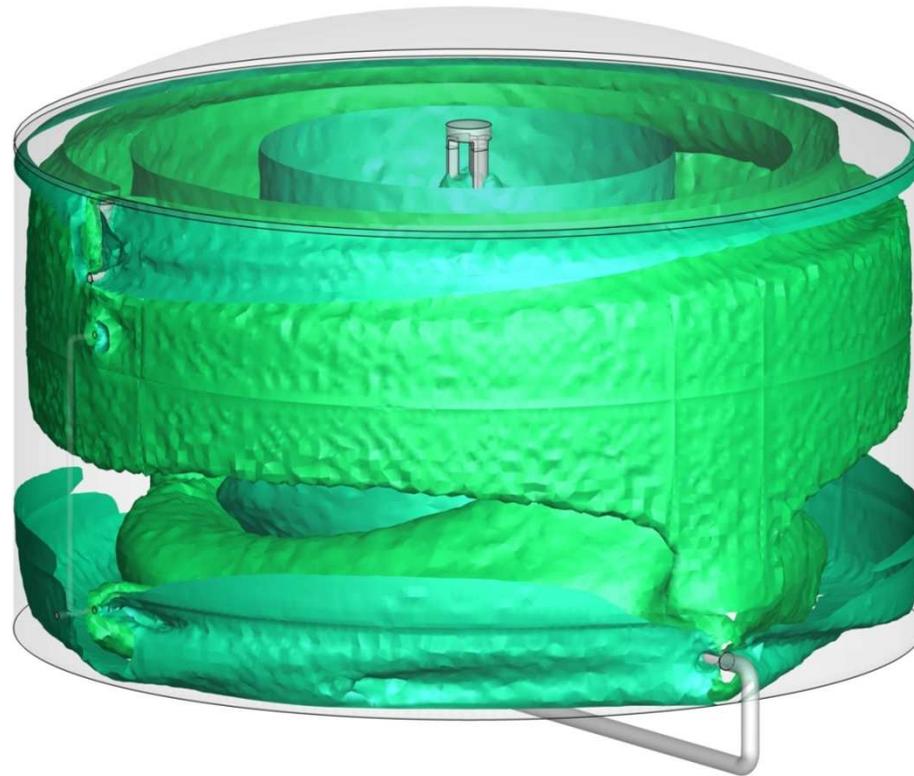


$$0,12 \text{ m/s} < v < 0,14 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

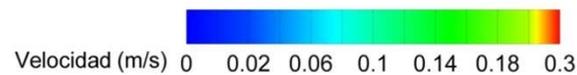
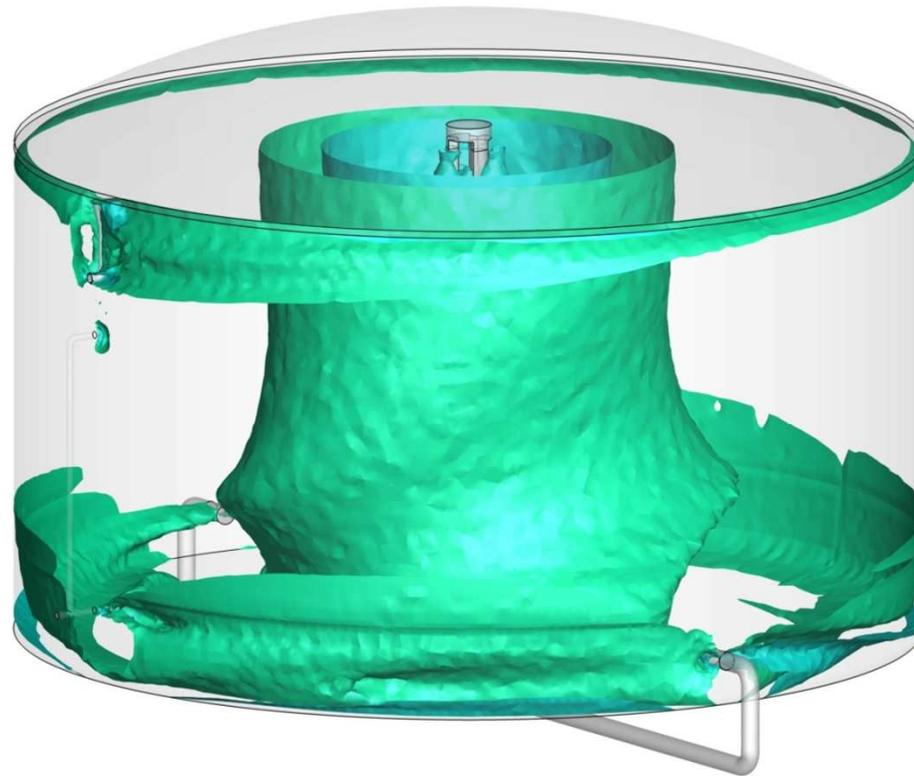


$$0,10 \text{ m/s} < v < 0,12 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

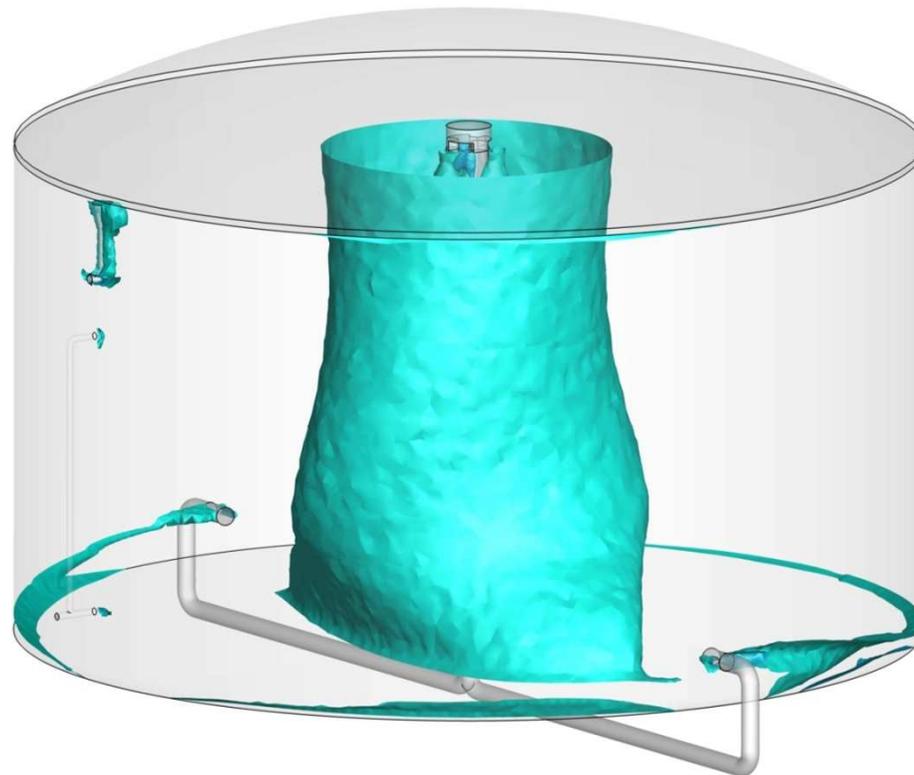


$$0,08 \text{ m/s} < v < 0,10 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES



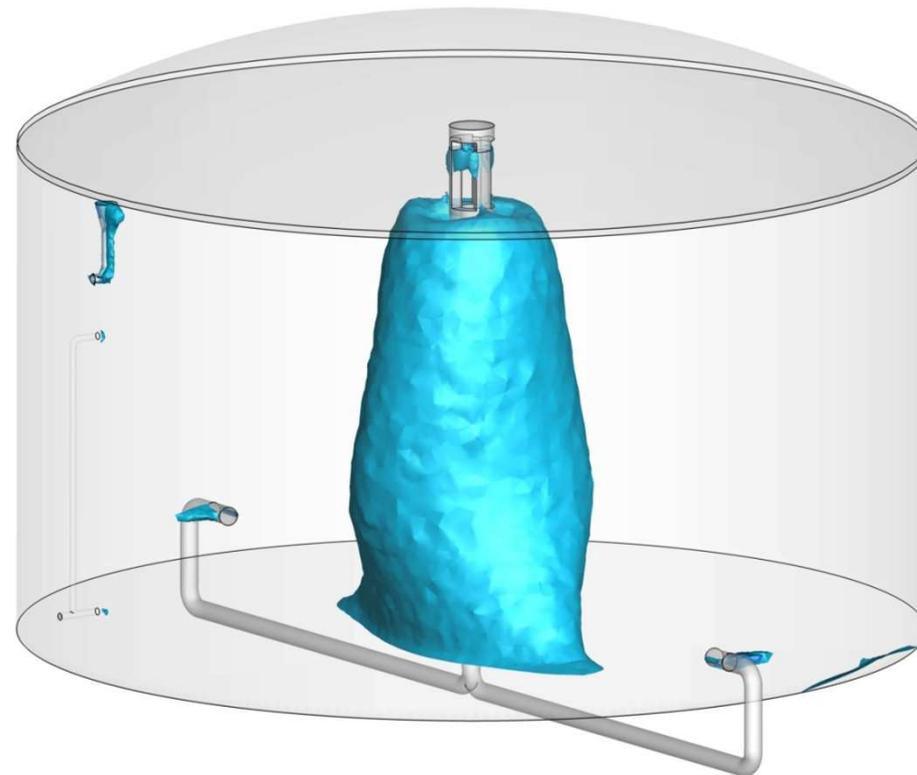
Velocidad (m/s) 0 0.02 0.06 0.1 0.14 0.18 0.3

$$0,06 \text{ m/s} < v < 0,08 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES



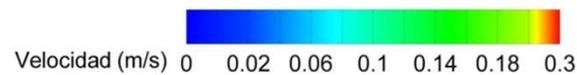
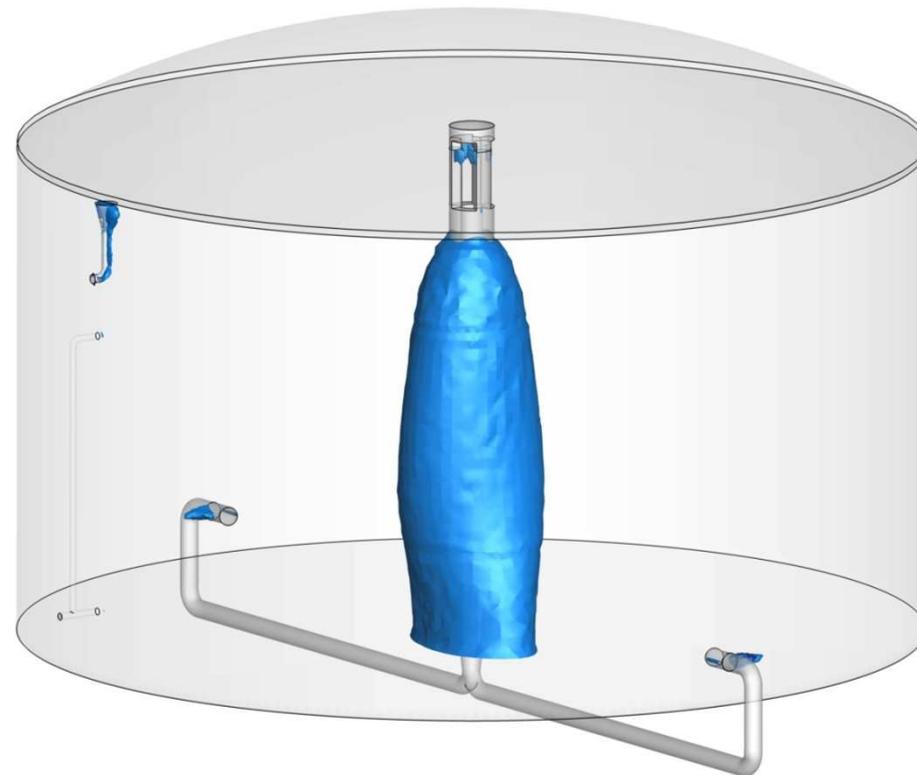
Velocidad (m/s) 0 0.02 0.06 0.1 0.14 0.18 0.3

$$0,04 \text{ m/s} < v < 0,06 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

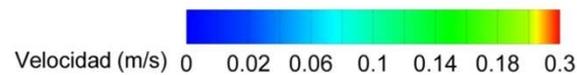
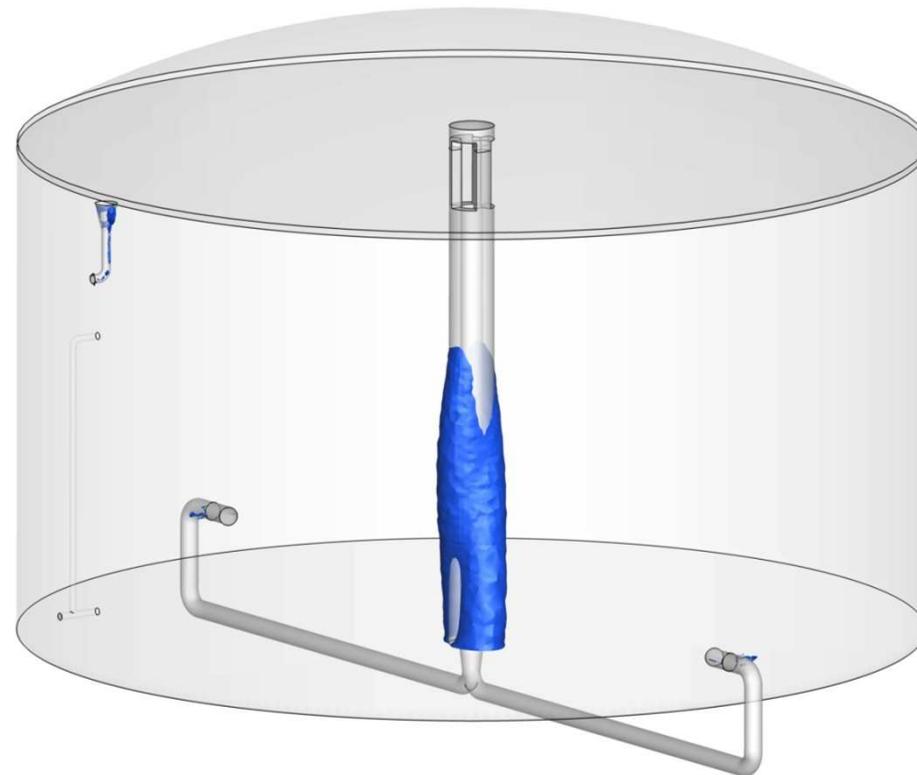


$$0,02 \text{ m/s} < v < 0,04 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

EVOLUCIÓN DE LOS VOLÚMENES ASOCIADOS A RANGOS DE VELOCIDADES

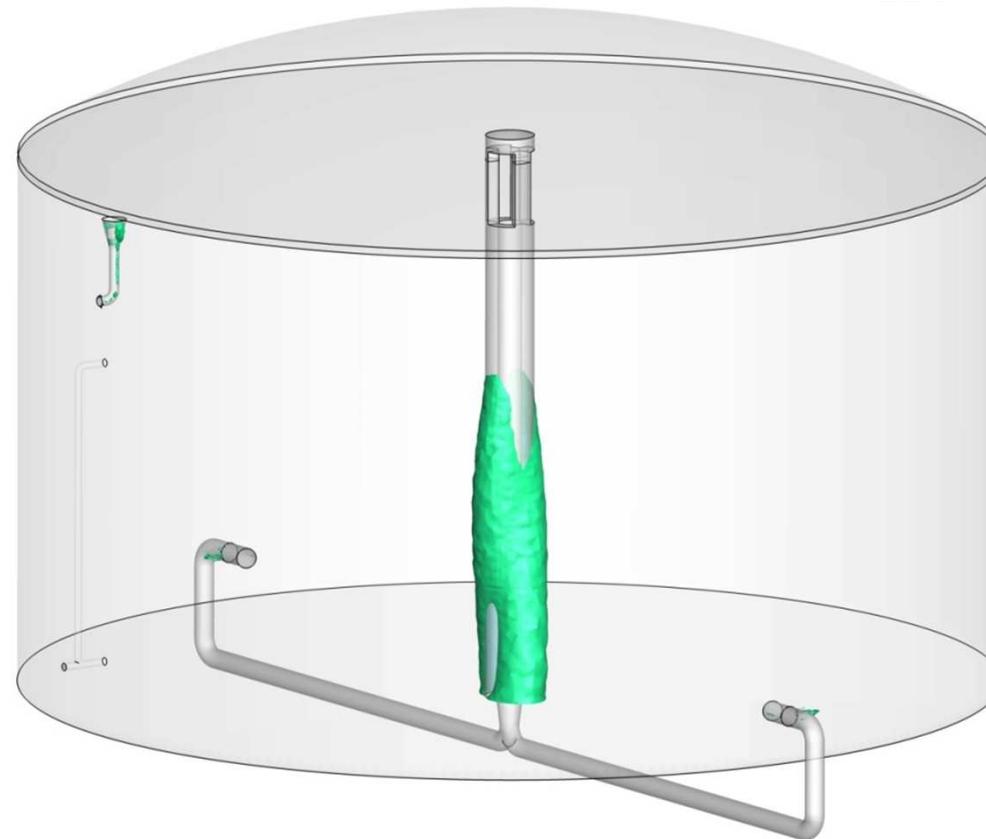


$$v < 0,02 \text{ m/s}$$

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

- VOLUMEN INACTIVO – VELOCIDAD $< v_{LIM} = 0,02 \text{ m/s}$



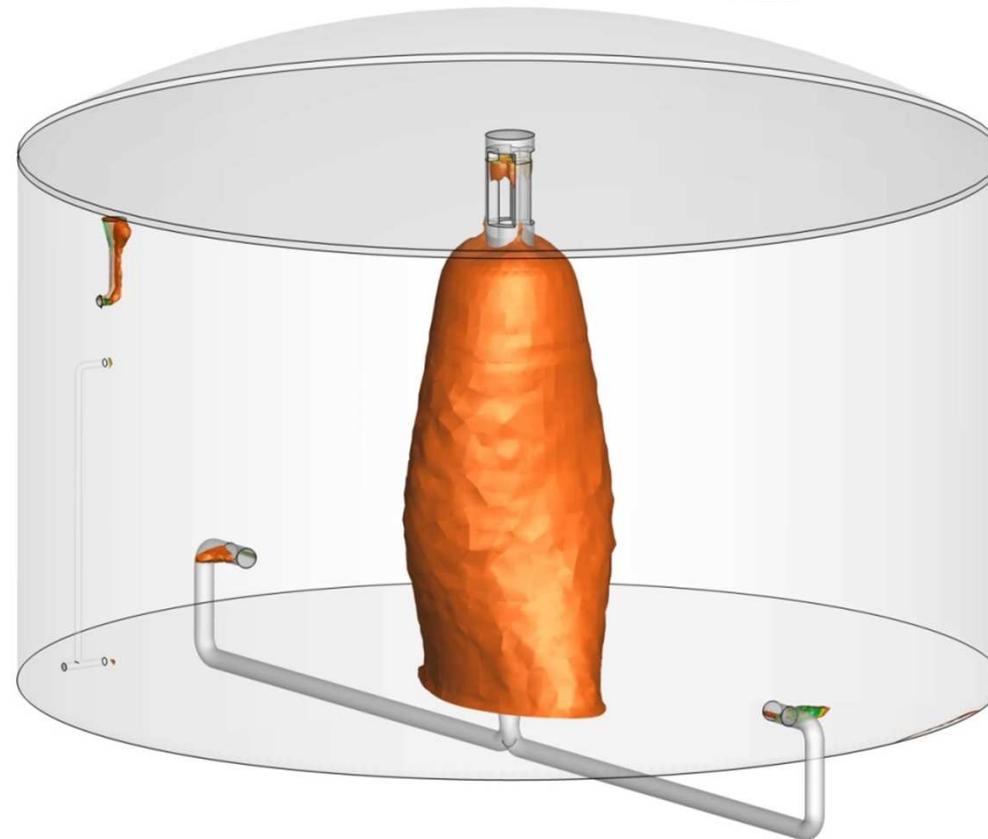
Velocidad (m/s) 0 0.01 0.015 0.02

- VOLUMEN ACTIVO ($v > 0,02 \text{ m/s}$) = 99,892%

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.2. VOLÚMENES ACTIVOS

- VOLUMEN – VELOCIDAD $< 50\%(v_{MED}) = 0,05 \text{ m/s}$



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04

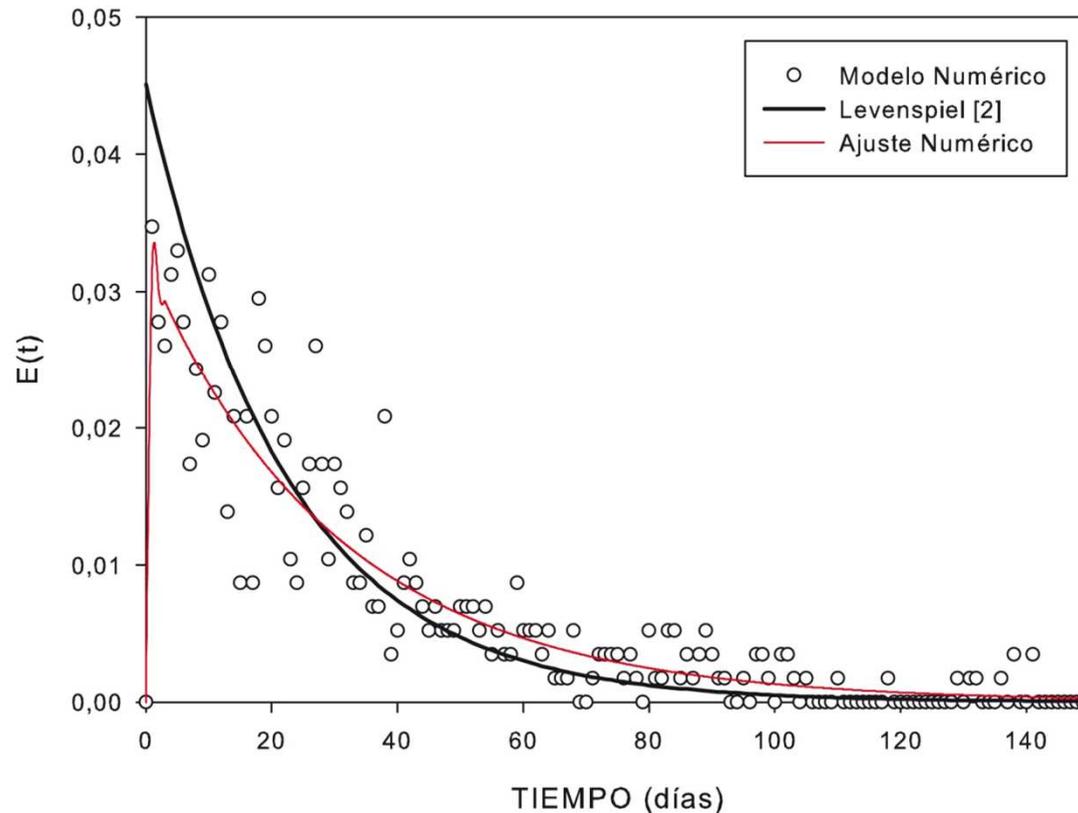
- VOLUMEN ($v > 0,05 \text{ m/s}$) = 97,413%

ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.3. TRAYECTORIAS FLUIDAS Y TIEMPOS DE RESIDENCIA

Función de densidad de distribución de tiempos de residencia

REACTOR IDEAL DE MEZCLA CONTINUA (Levenspiel [2]) $\rightarrow E(t) = \frac{1}{TRH} e\left(-\frac{t}{TRH}\right)$

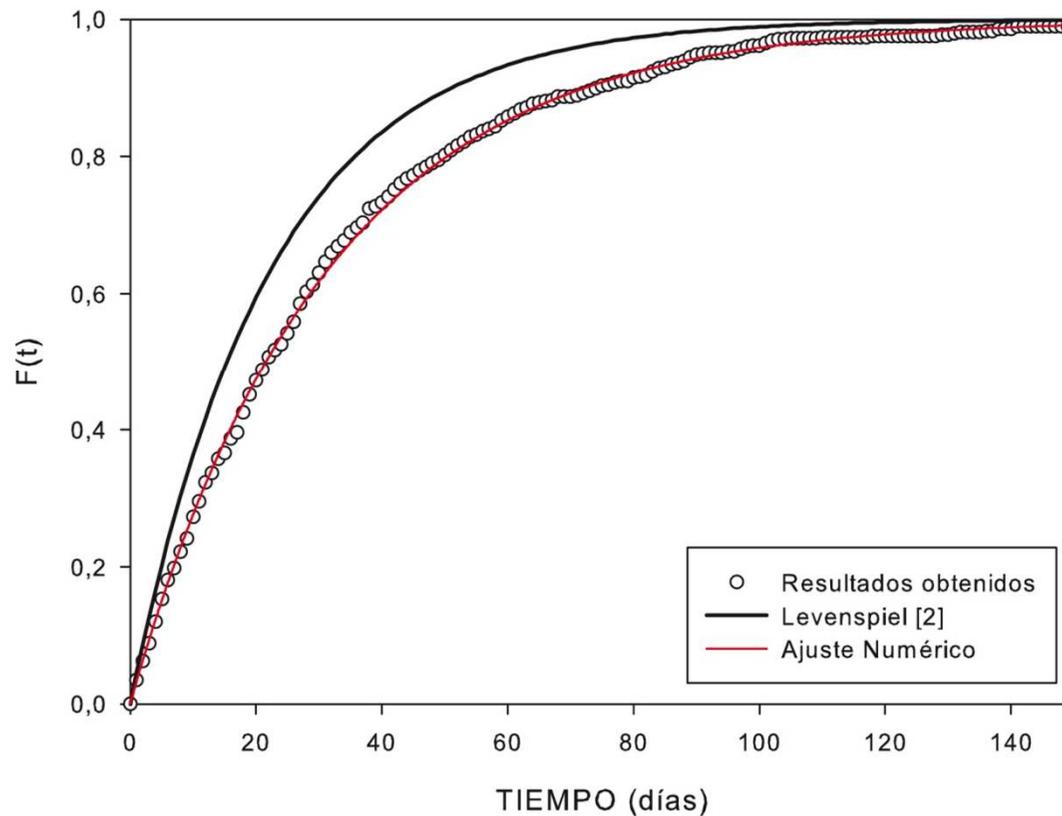


ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.3. TRAYECTORIAS FLUIDAS Y TIEMPOS DE RESIDENCIA

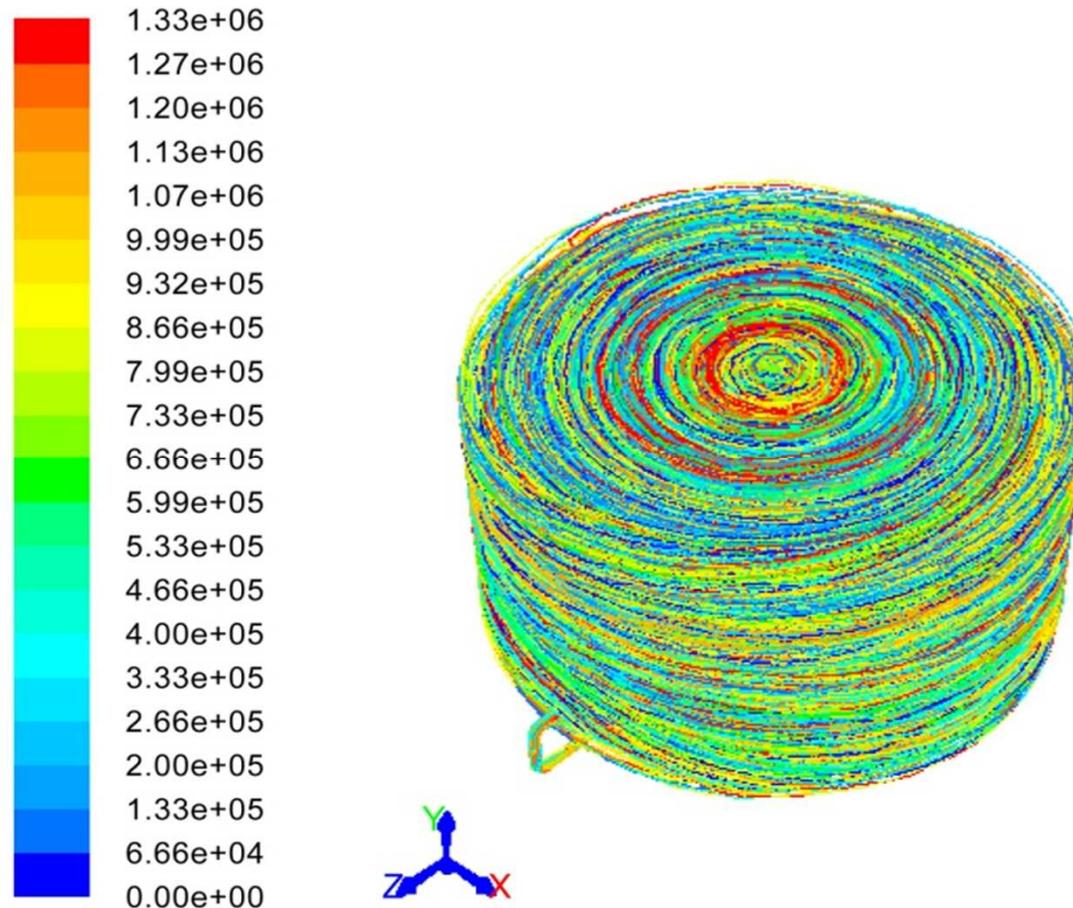
Función de distribución de tiempos de residencia acumulados

REACTOR IDEAL DE MEZCLA CONTINUA (Levenspiel [2]) $\rightarrow F(t) = 1 - e\left(-\frac{t}{TRH}\right)$



ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO DE LOS FANGOS

3.3. TRAYECTORIAS FLUIDAS Y TIEMPOS DE RESIDENCIA



Trayectoria de una partícula fluida en el interior del digestor.
Leyenda de tiempo de residencia en el dominio en segundos.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS FANGOS EN FUNCIÓN DEL DISEÑO Y POTENCIA DEL SISTEMA DE AGITACIÓN MEDIANTE RECIRCULACIÓN HIDRÁULICA.

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.

Estudio para un caudal de recirculación igual al 15, 30, 45, 60, 80, 90, y 100% del caudal de recirculación en condiciones de funcionamiento nominales.

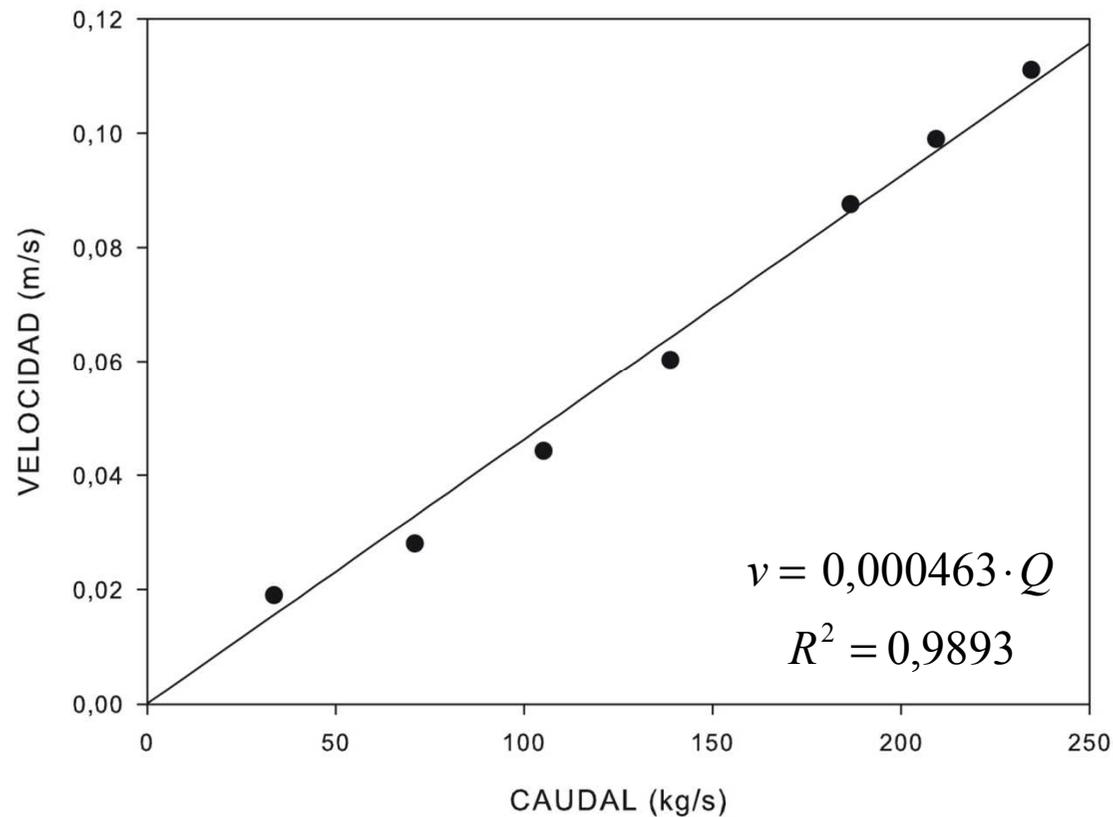
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.

Análisis de diseño alternativo con una sola recirculación.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VELOCIDAD MEDIA DE LOS FANGOS EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE RECIRCULACIÓN

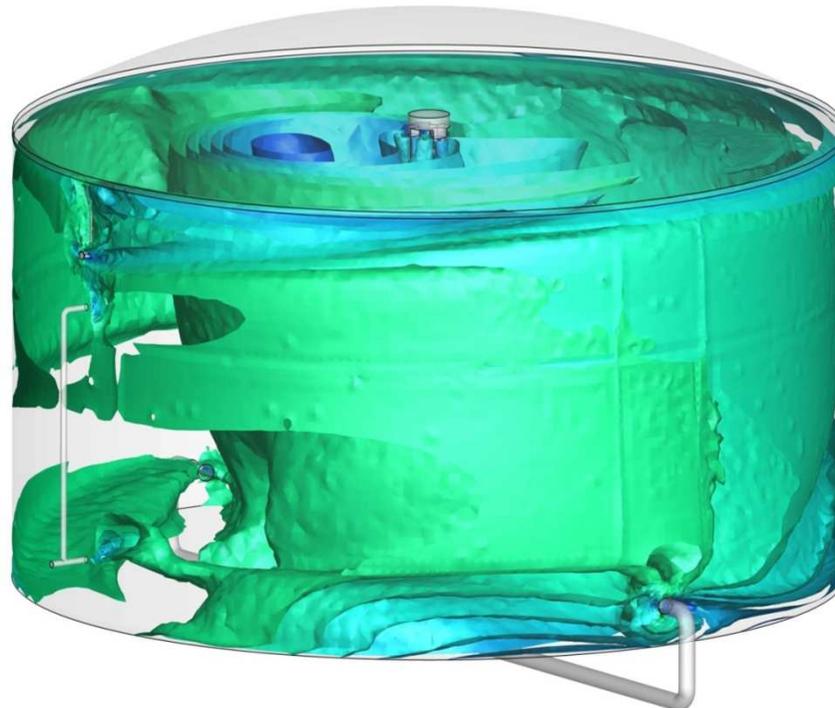


ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – 15%(Q_{NOMINAL})



Velocidad (m/s) 0 0.01 0.015 0.02

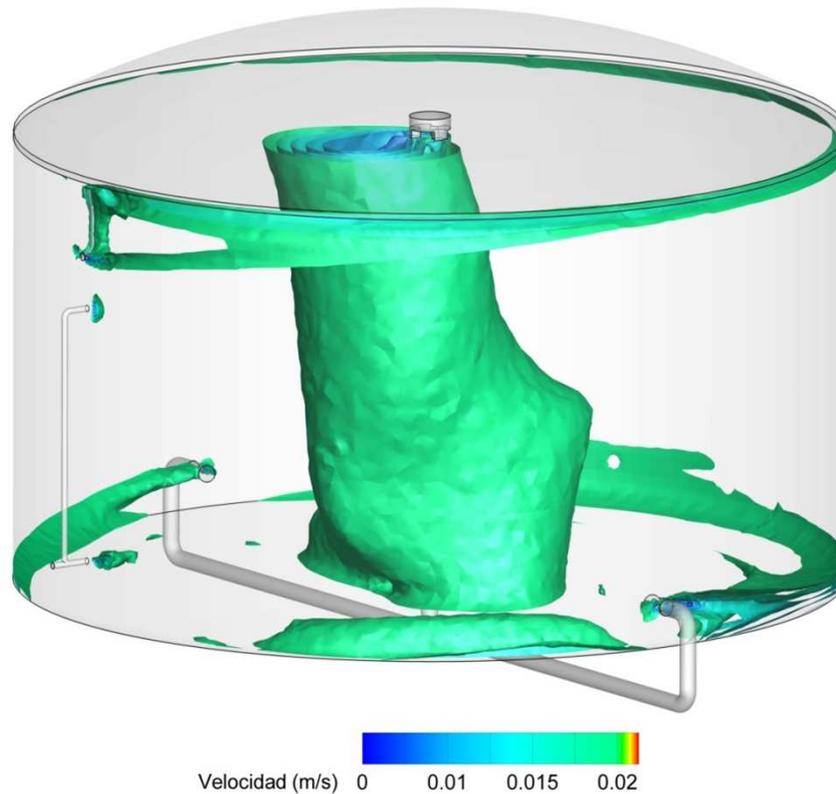
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 61,162 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – 30%(Q_{NOMINAL})



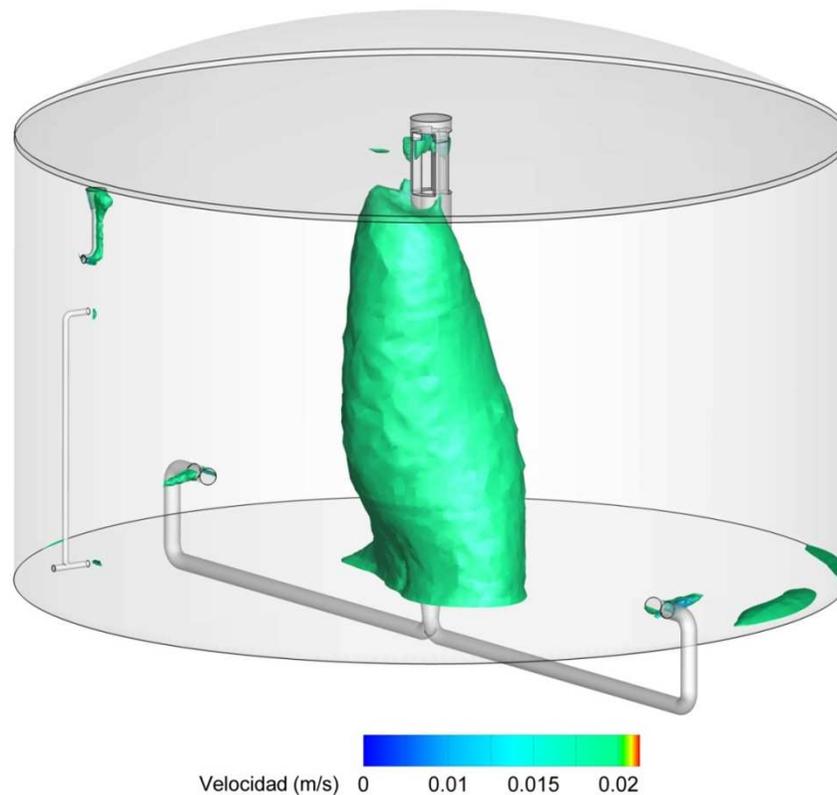
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 8,637 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $45\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



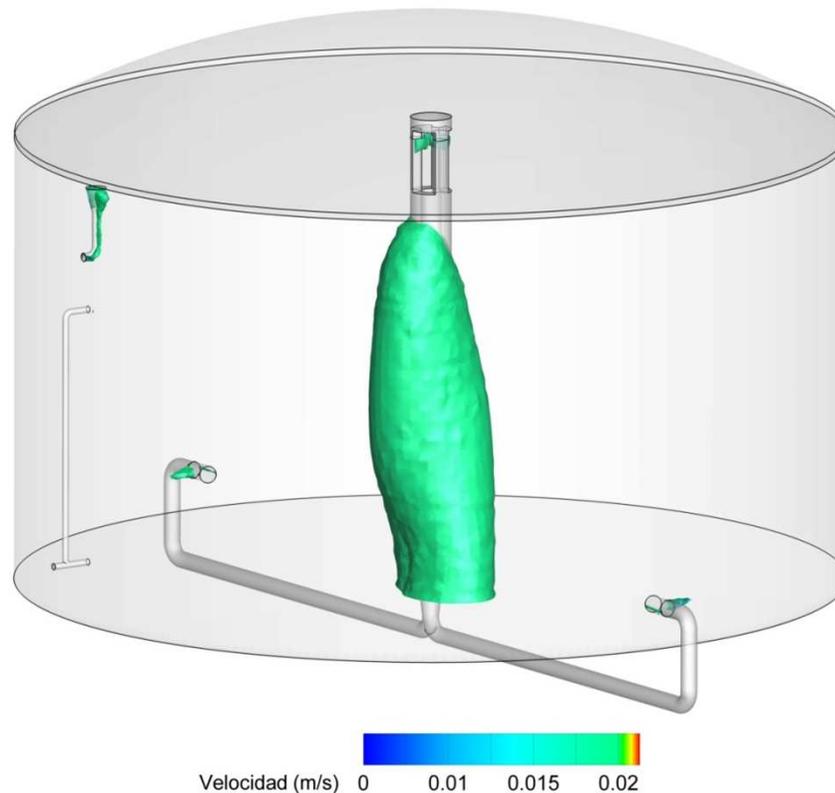
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 2,582 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $60\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



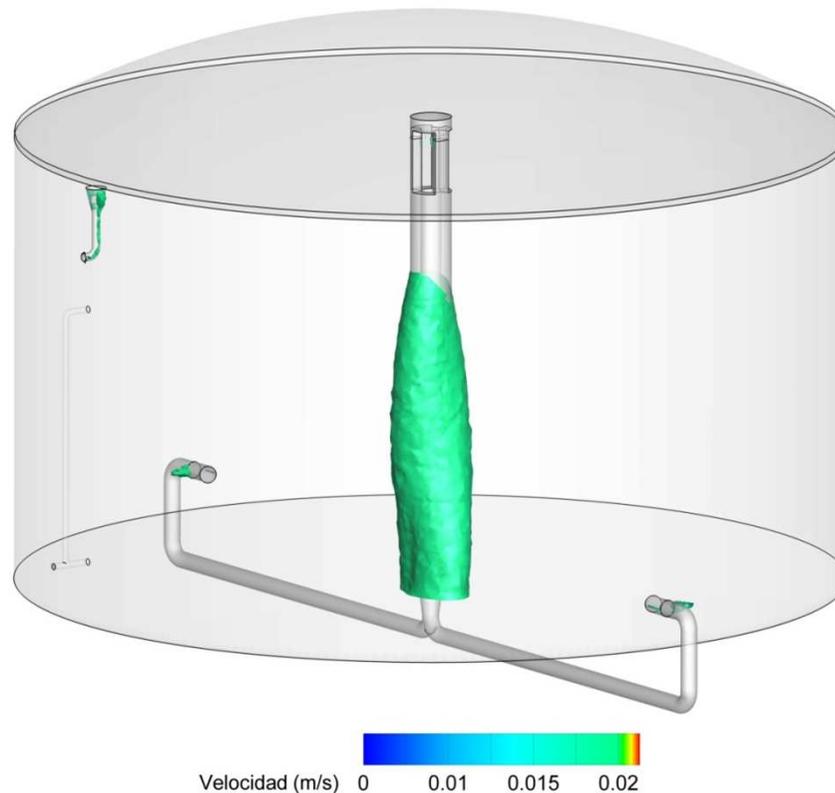
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 1,051 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $80\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



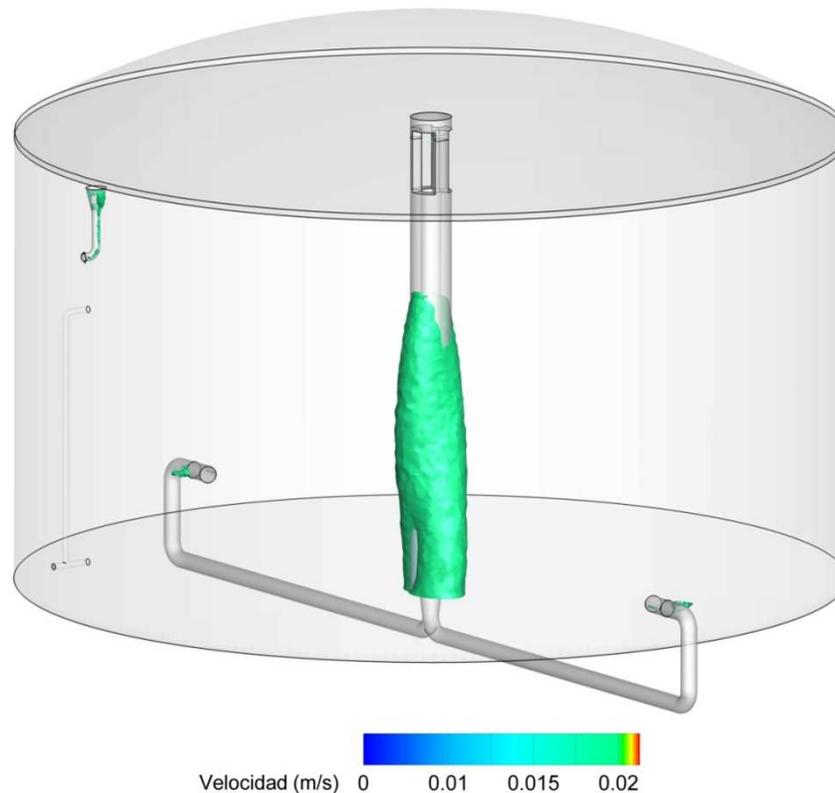
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 0,302 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $90\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



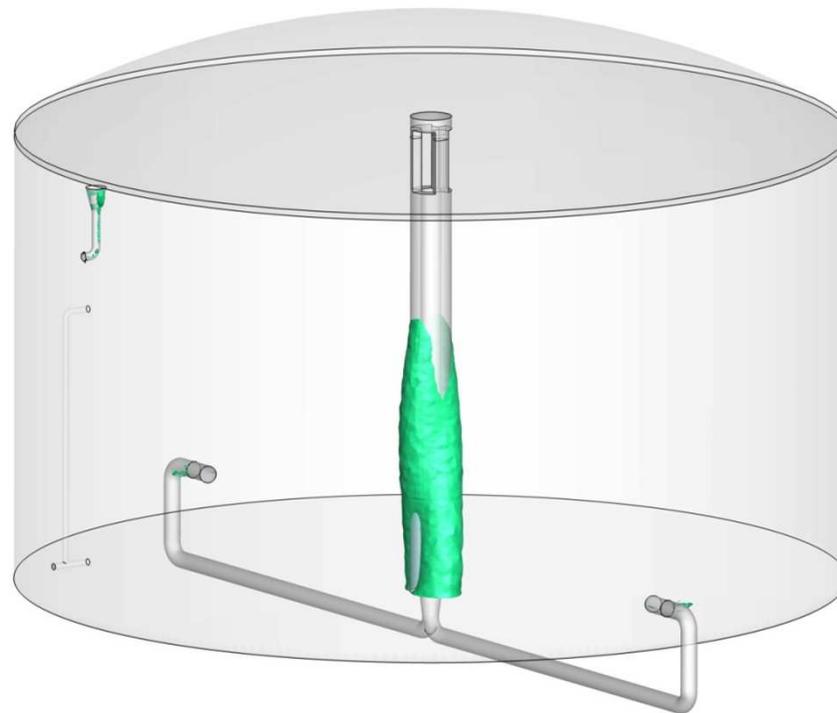
VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 0,184 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN ACTIVO

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – **100%**(Q_{NOMINAL})

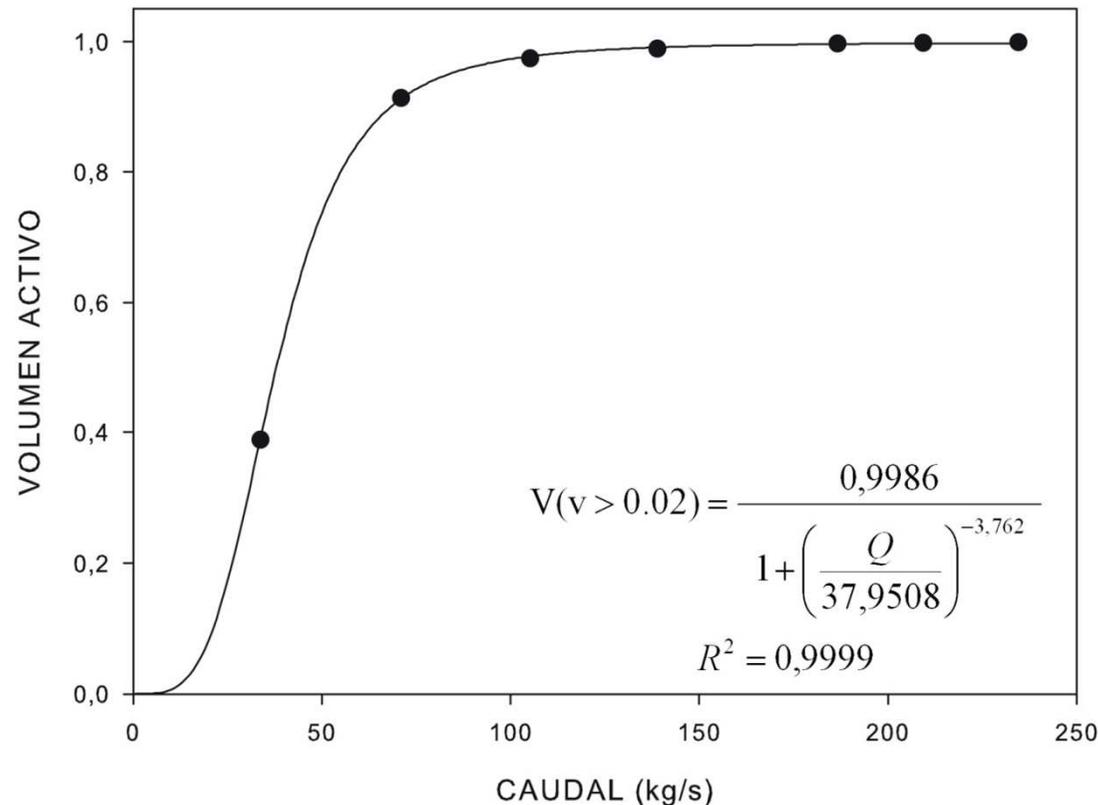


Velocidad (m/s) 0 0.01 0.015 0.02

VOLUMEN INACTIVO ($v < 0,02 \text{ m/s}$) = 0,108 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN



VOLUMEN ACTIVO DEL DIGESTOR (PORCENTAJE EN TANTO POR UNO)

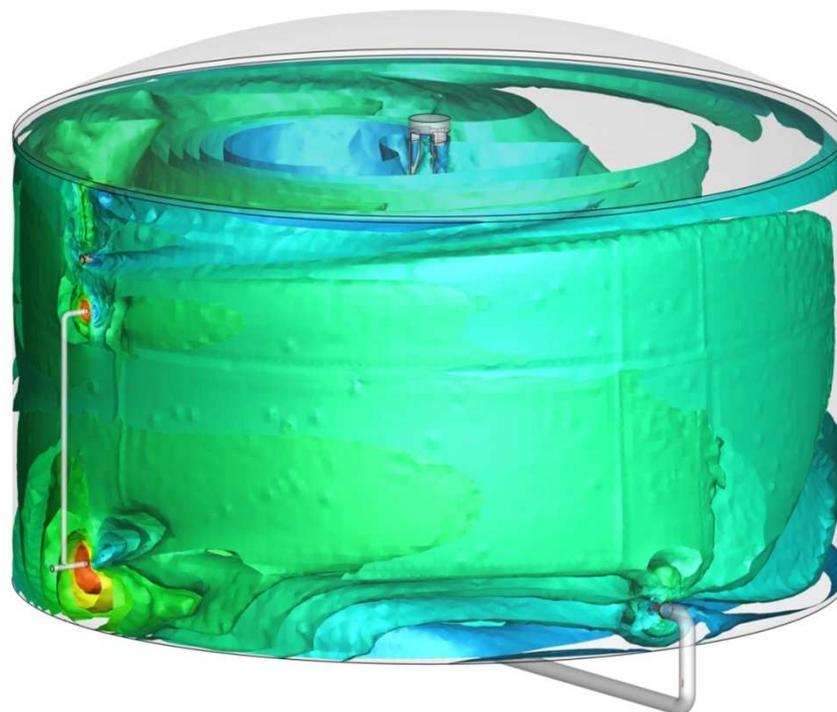
Tendencia en forma de curva logística o sigmoidea. El crecimiento del volumen activo, asociado a un rango de velocidades superior a 0,02 m/s, se ve limitado por el propio volumen del digestor.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $15\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04

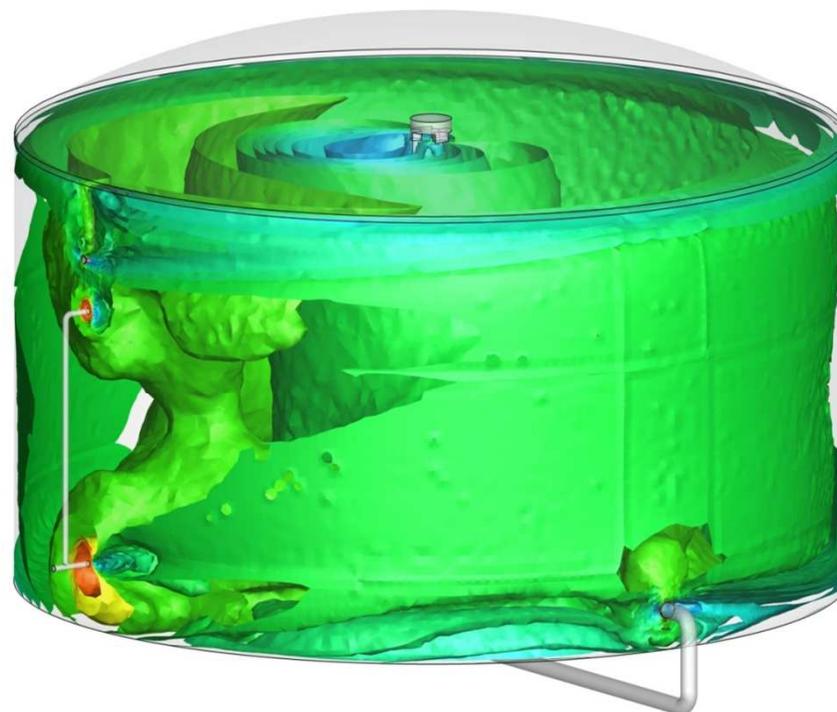
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 99,440 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $30\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04

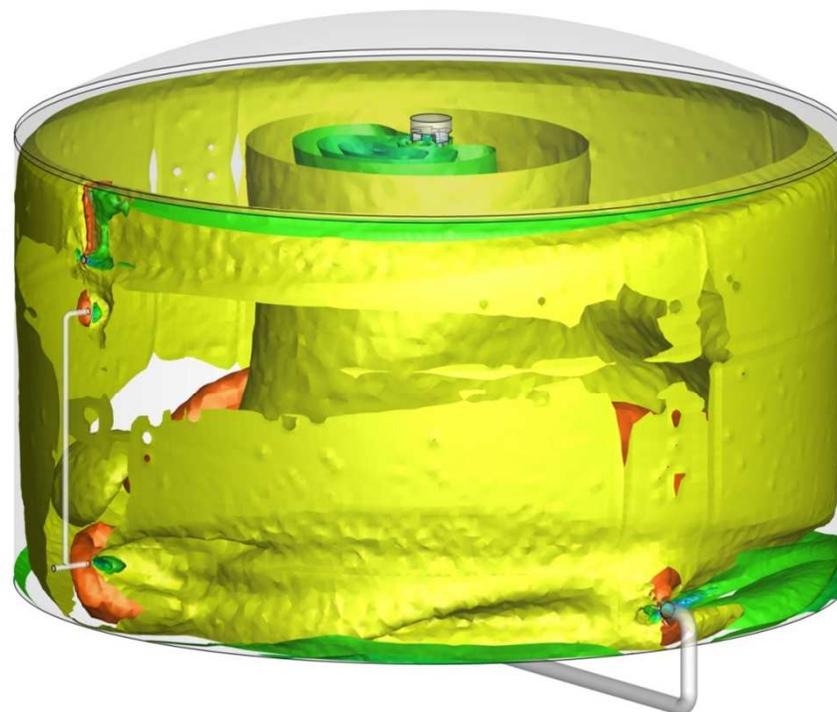
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 98,391 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $45\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04

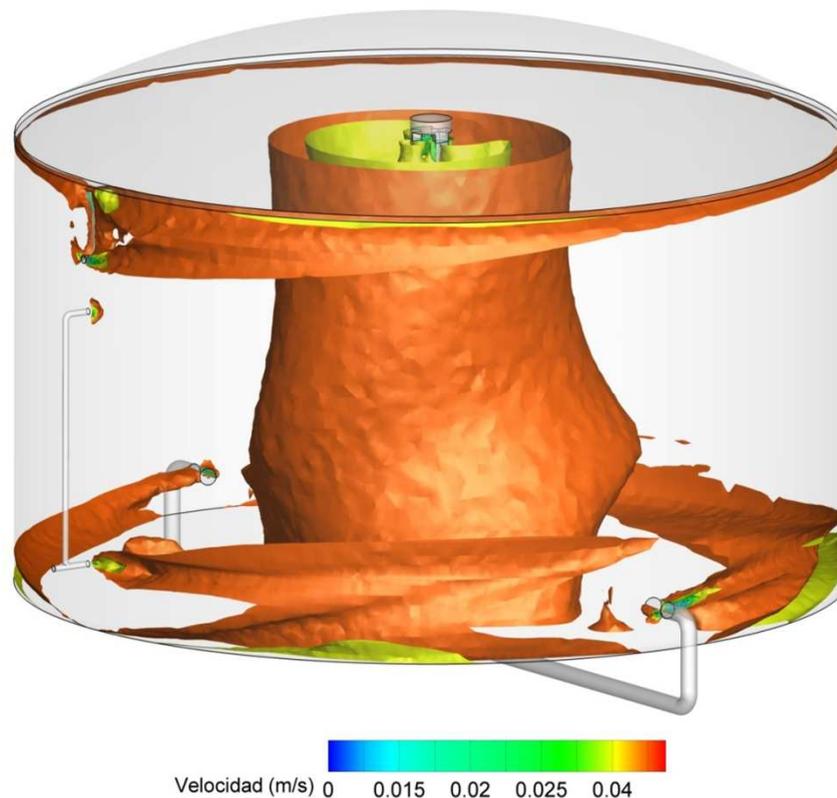
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 90,420 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $60\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



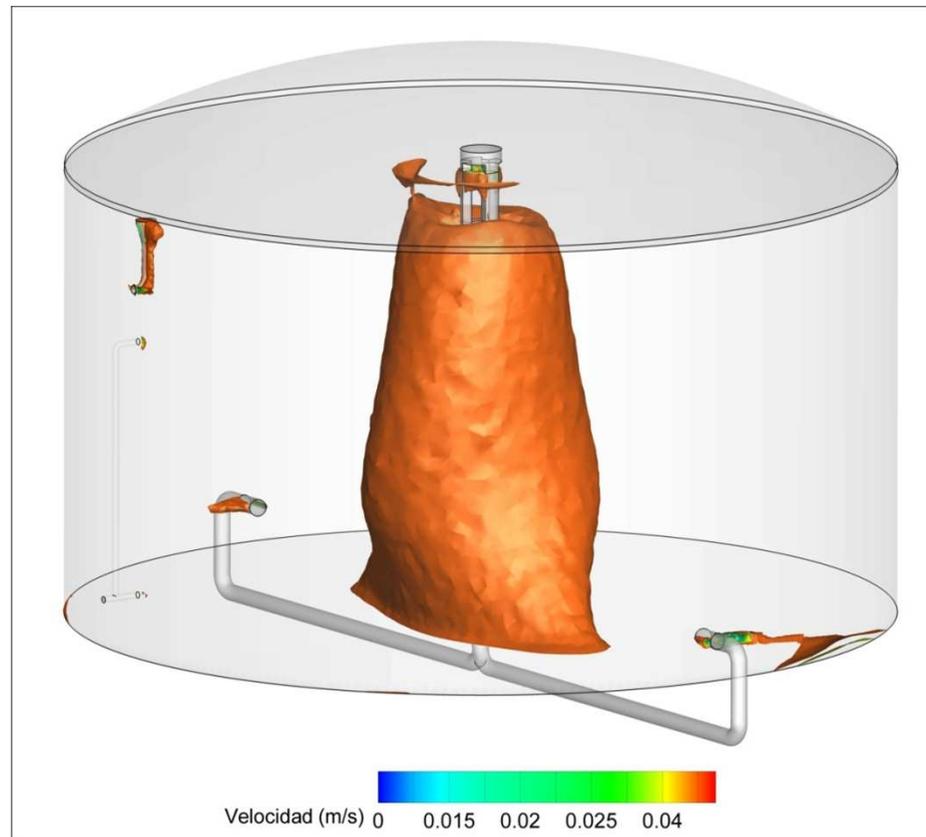
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 26,605 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $80\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



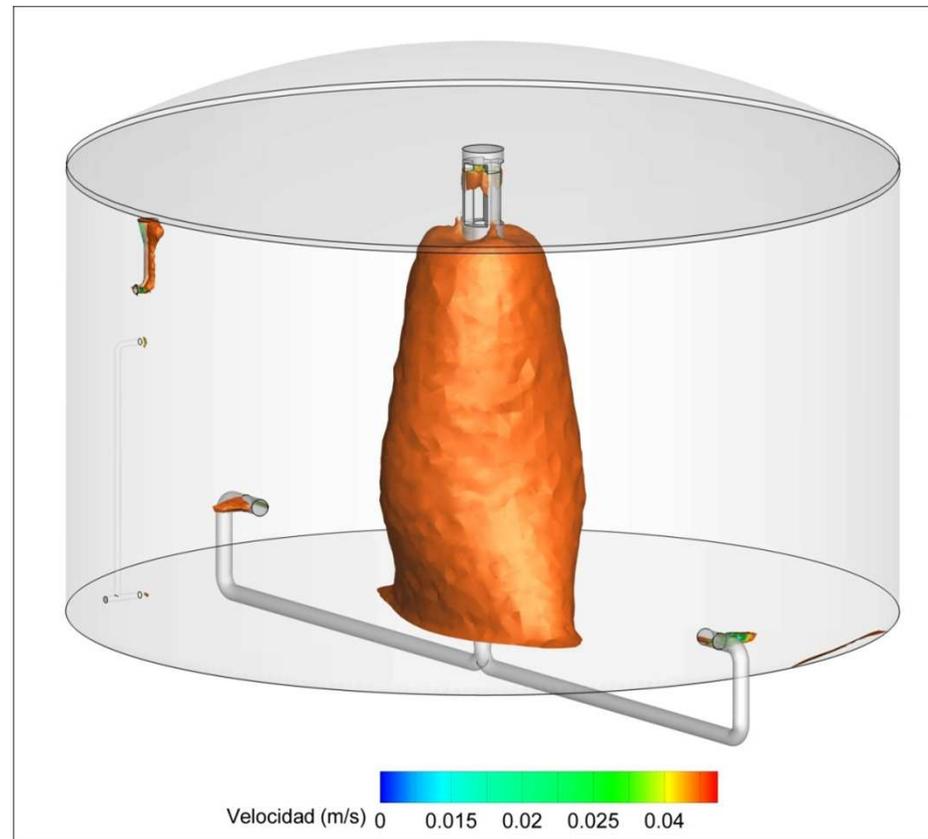
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 5,235 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – $90\%(Q_{\text{NOMINAL}})$



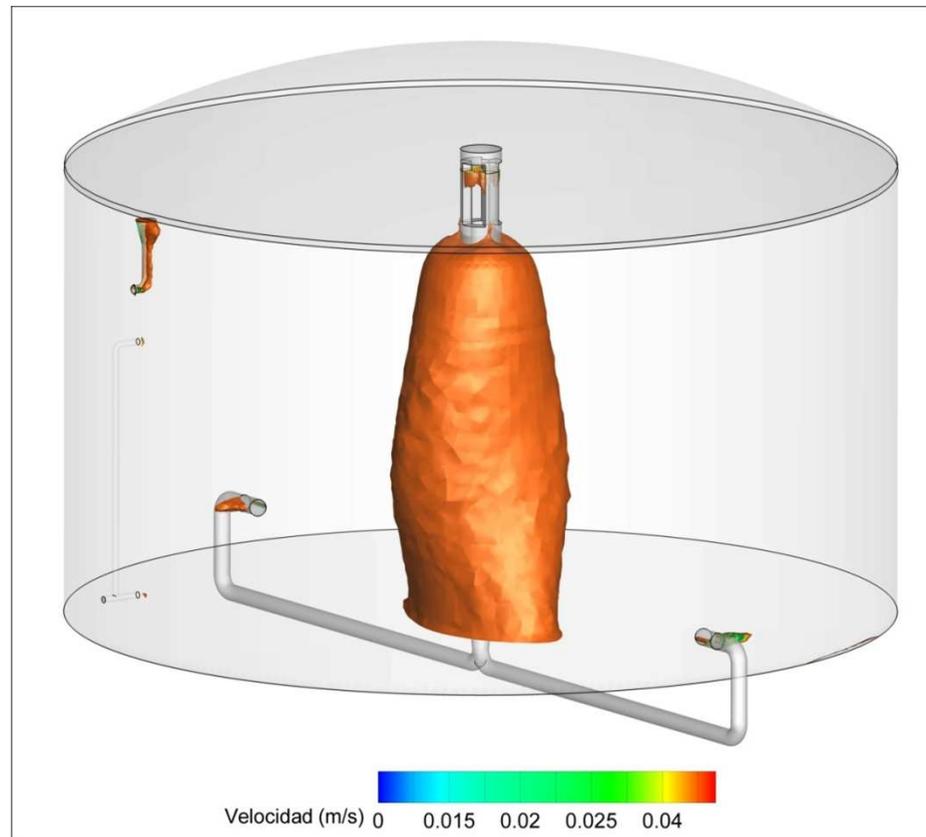
VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 3,614 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

VOLUMEN – $v > 0,05 \text{ m/s}$

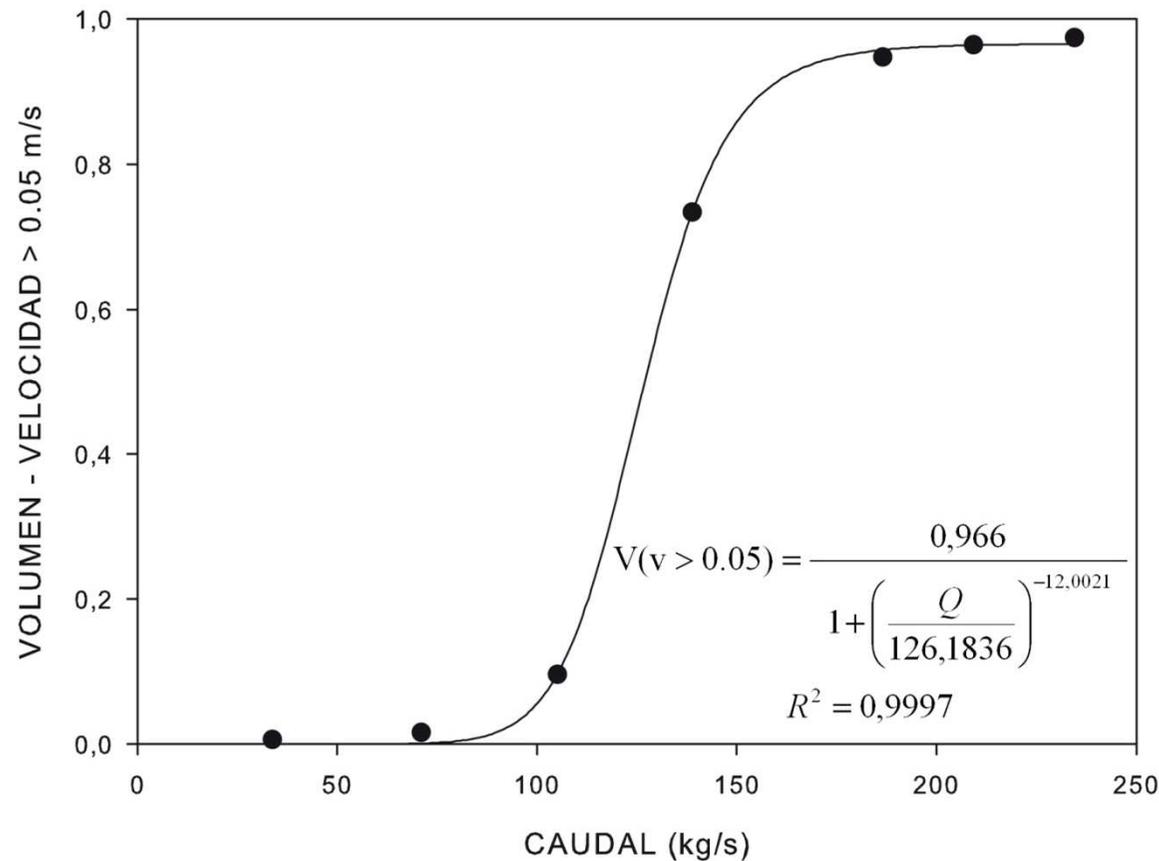
CAUDAL DE RECIRCULACIÓN – **100%**(Q_{NOMINAL})



VOLUMEN ($v < 0,05 \text{ m/s}$) = 2,587 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.1. POTENCIA DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

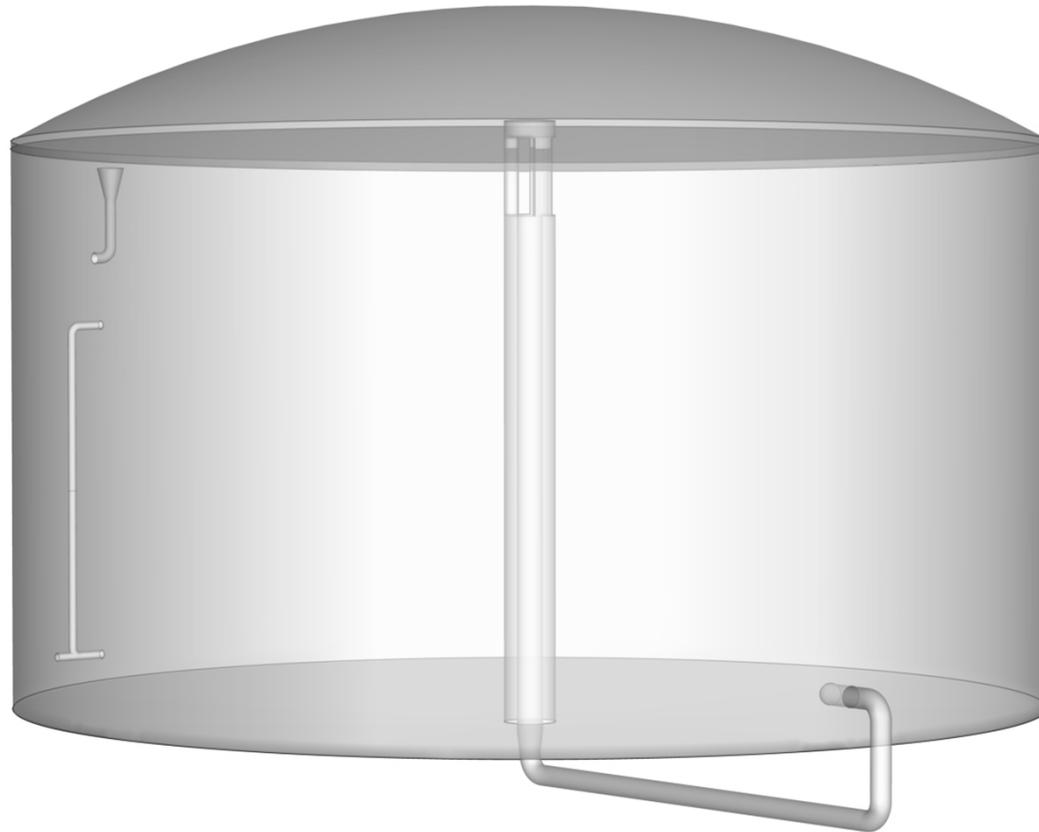


PORCENTAJE (TANTO POR UNO) DEL VOLUMEN DEL REACTOR CON $v > 0,05$ m/s

Tendencia en forma de curva logística o sigmoidea. El crecimiento del volumen asociado a un rango de velocidades superior a 0,05 m/s se ve limitado por el propio volumen del digestor.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN



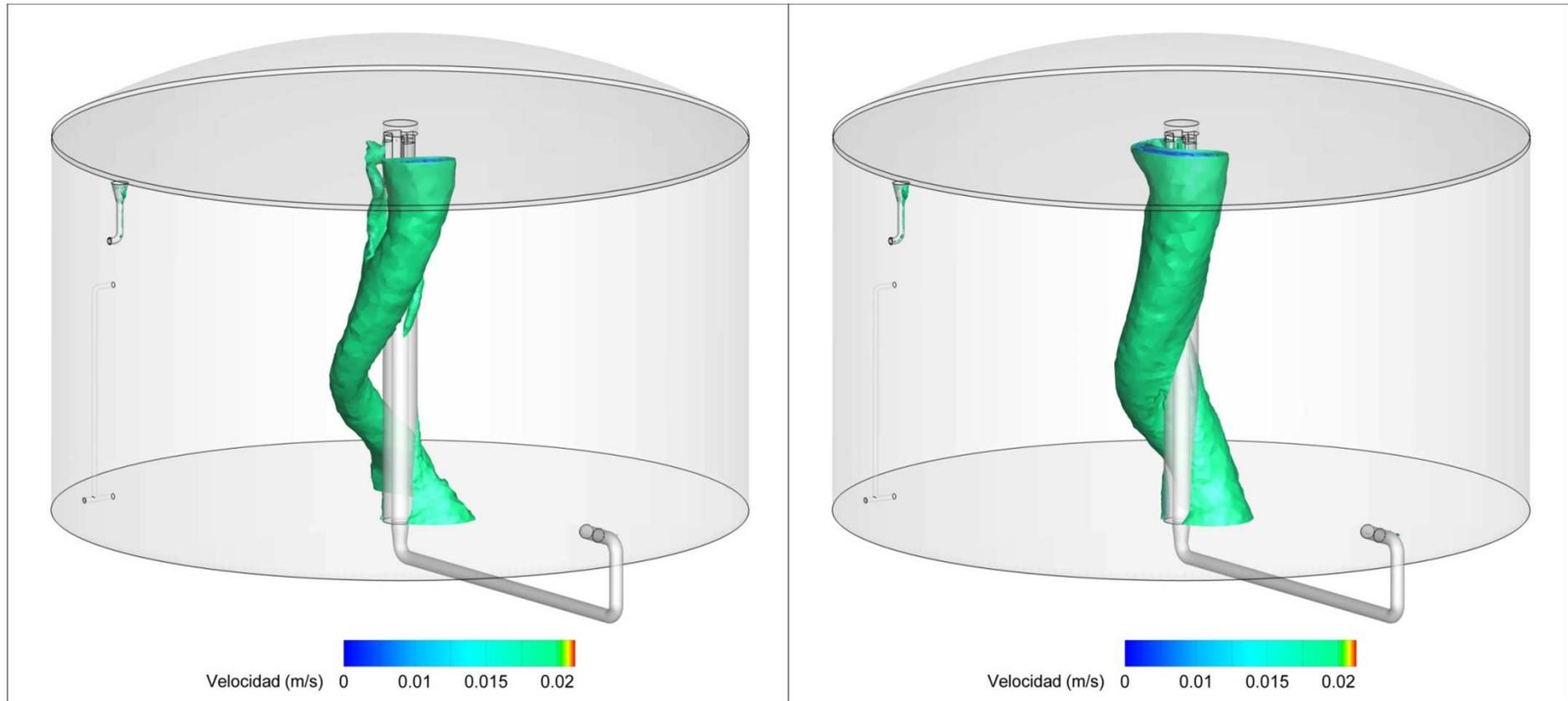
DISEÑO ALTERNATIVO DEL TANQUE DIGESTOR CON UNA RECIRCULACIÓN

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

100%(Q_{NOMINAL})

65%(Q_{NOMINAL})



VOLUMEN DEL DIGESTOR INACTIVO ($v < 0,02$ m/s)

100%(Q_{NOMINAL}) \rightarrow 0,651 %

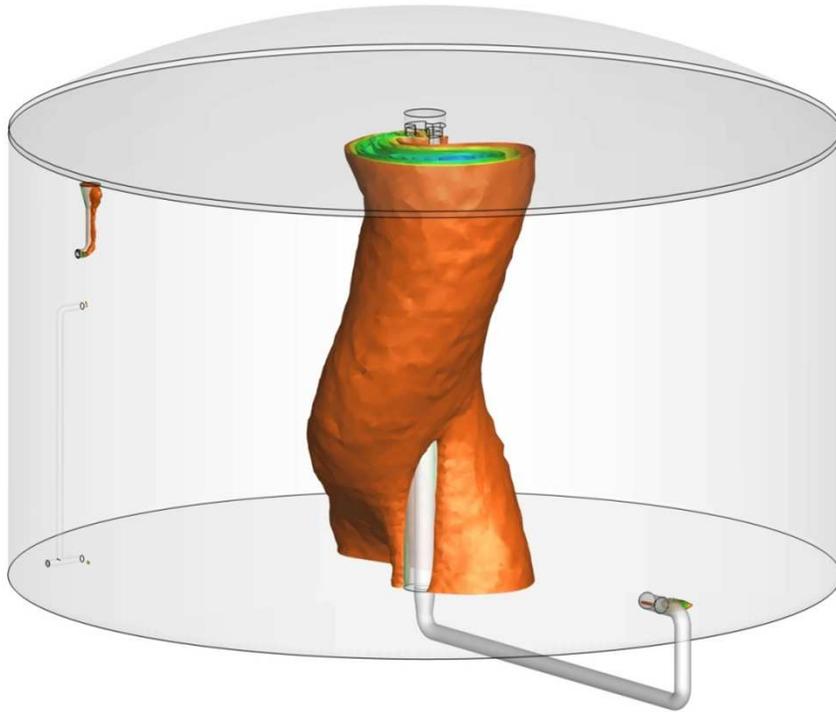
65%(Q_{NOMINAL}) \rightarrow 1,061 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

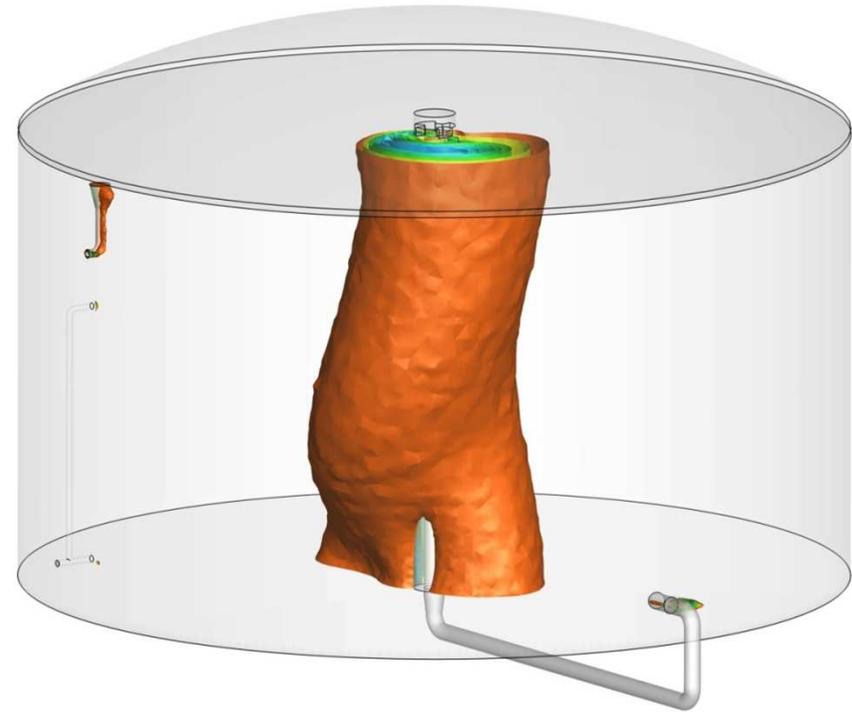
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

100%(Q_{NOMINAL})

65%(Q_{NOMINAL})



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04



Velocidad (m/s) 0 0.015 0.02 0.025 0.04

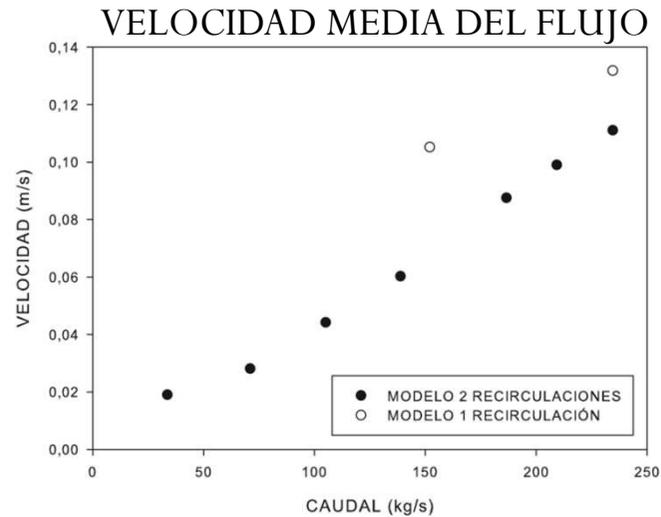
VOLUMEN DEL DOMINIO CON VELOCIDAD INFERIOR A 0,05 m/s

100%(Q_{NOMINAL}) \rightarrow 3,804 %

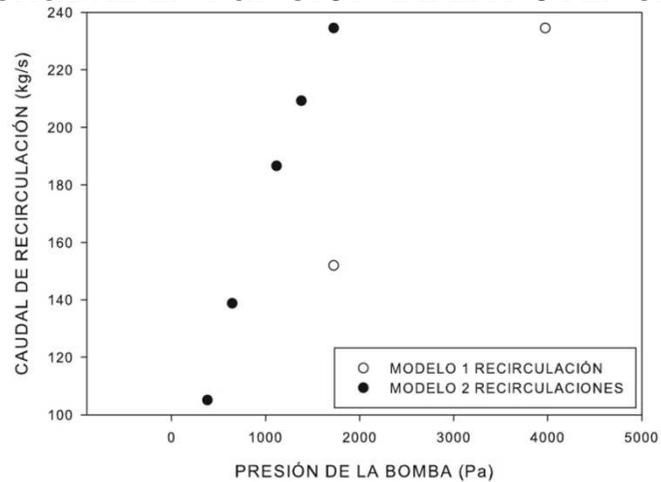
65%(Q_{NOMINAL}) \rightarrow 5,294 %

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

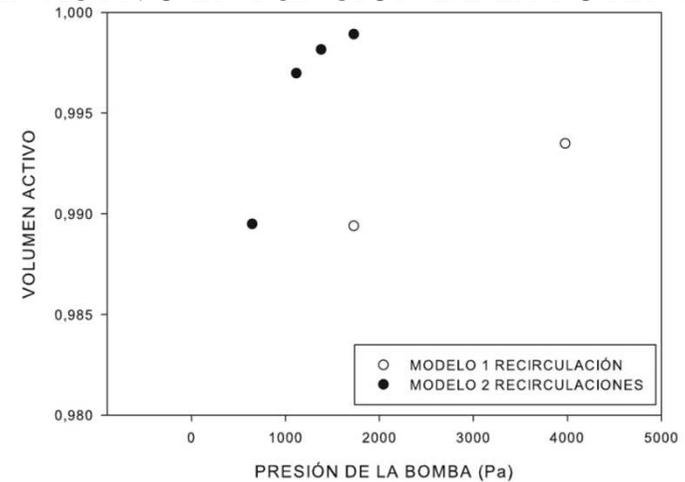
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN 2 RECIRCULACIONES vs 1 RECIRCULACIÓN



CAUDAL EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA



VOLUMEN ACTIVO EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA



ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO

ANÁLISIS TRANSITORIO DEL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO DE FANGOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE UN RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO INTERMITENTE DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.

5.1. RÉGIMEN DE PARADA.

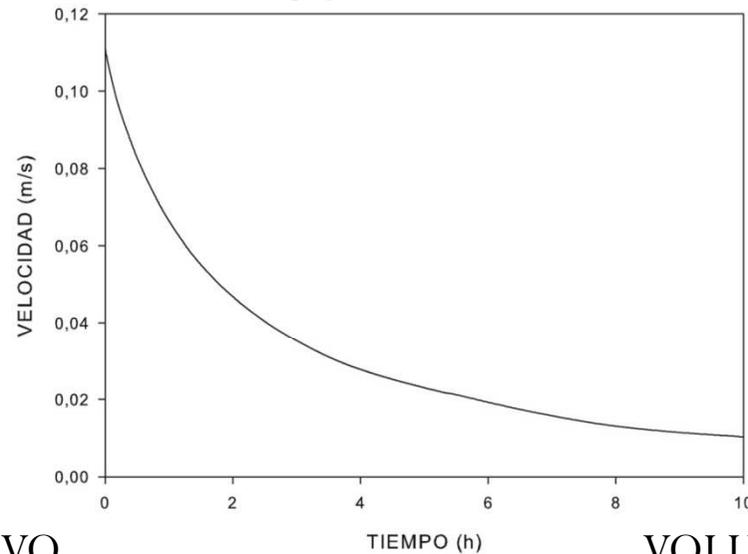
5.2. RÉGIMEN DE RE-ARRANQUE.

5.3. RÉGIMEN INTERMITENTE.

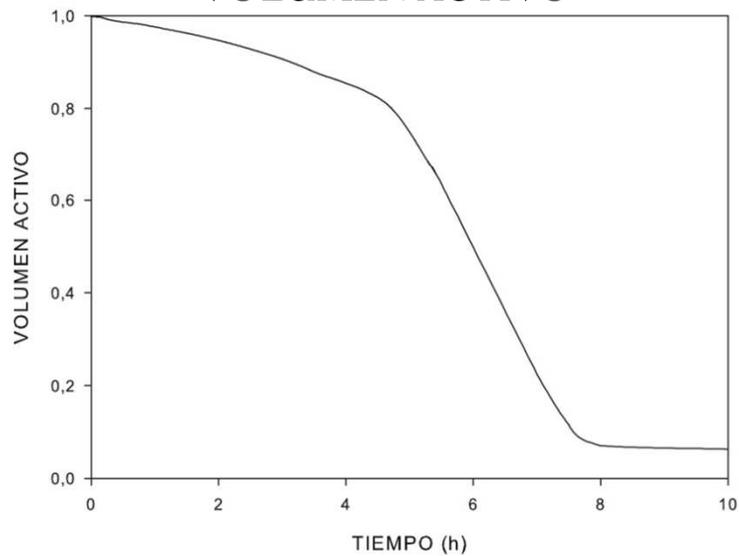
ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO

5.1. RÉGIMEN DE PARADA

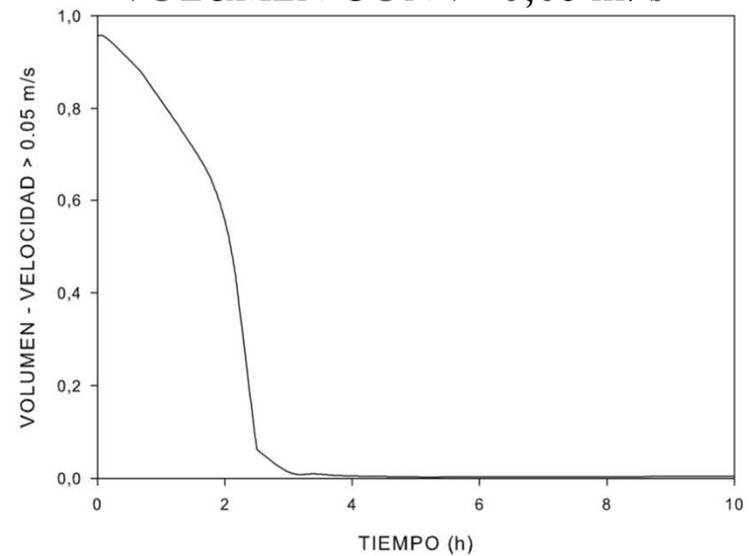
VELOCIDAD MEDIA



VOLUMEN ACTIVO



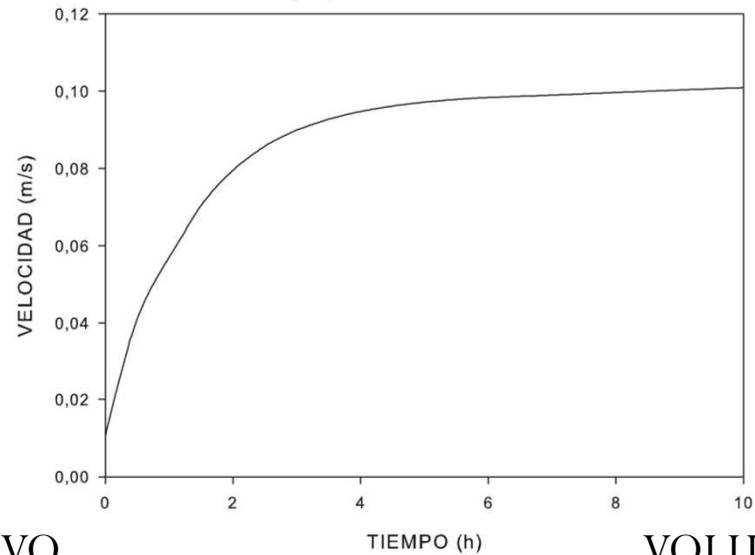
VOLUMEN CON $V > 0,05$ m/s



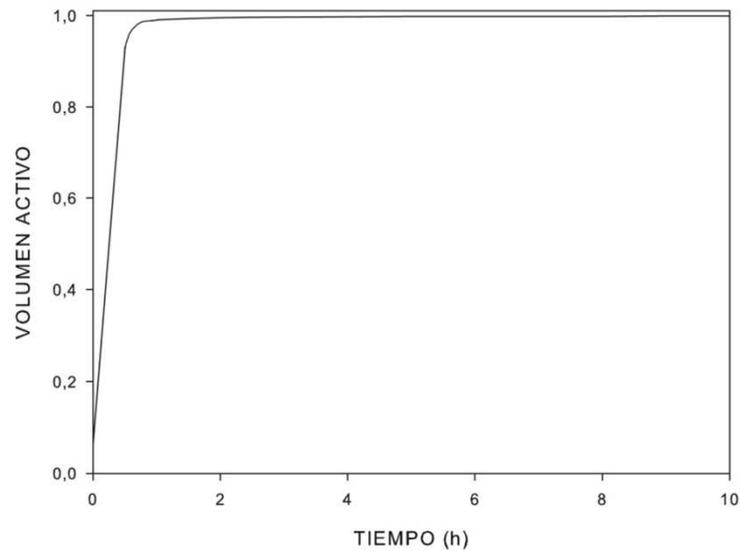
ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO

5.2. RÉGIMEN DE RE-ARRANQUE

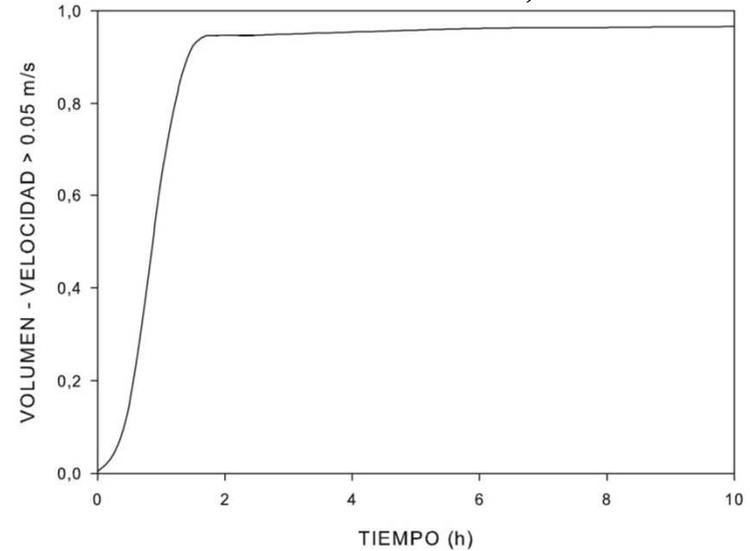
VELOCIDAD MEDIA



VOLUMEN ACTIVO



VOLUMEN CON $V > 0,05$ m/s

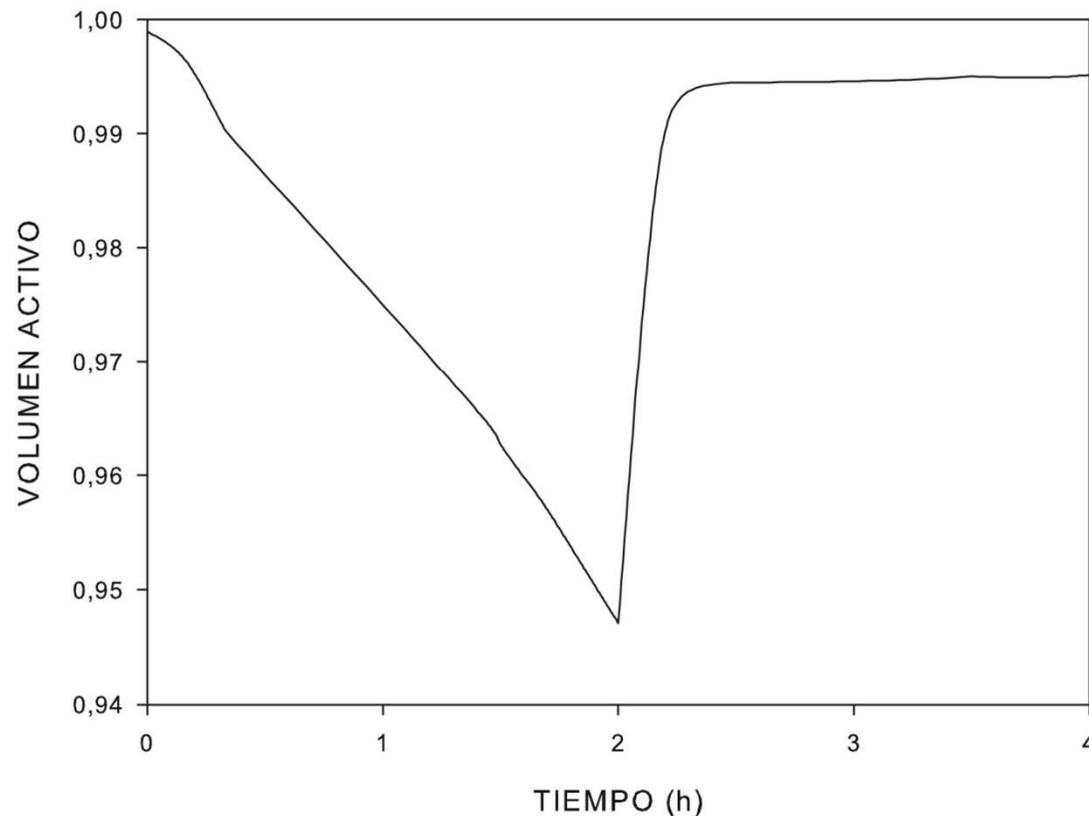


ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO

5.3. RÉGIMEN INTERMITENTE

* DETERMINACIÓN DE UN RANGO DE VOLÚMENES ACTIVOS APROPIADO.

RANGO DE VOLUMEN ACTIVO ($v > 0,02$ m/s) COMPRENDIDO ENTRE EL 99 y 95% DEL VOLUMEN DE FANGOS CONTENIDOS EN EL DIGESTOR



Evolución del volumen activo del digestor con el tiempo

CONCLUSIONES

- ANÁLISIS FLUIDO DINÁMICO

CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO (CASO NOMINAL):

- ✓ VELOCIDAD MEDIA $\rightarrow v = 0,11 \text{ m/s}$.
- ✓ VORTIZIDAD ALREDEDOR DE LA TUBERÍA CENTRAL.
- ✓ VOLUMEN ÁCTIVO $\rightarrow 99,89\%$ DEL VOLUMEN DEL DIGESTOR.

DISTRIBUCIÓN TIEMPOS DE RESIDENCIA:

- ✓ DEMUESTRA UN CORRECTO DISEÑO DEL DIGESTOR.
- ✓ AJUSTE A MODELOS IDEALES.
- ✓ MEZCLADO ADECUADO DE LOS FANGOS.
- ✓ NO SE DETECTARON CAMINOS PREFERENTES.

CONCLUSIONES

- ANÁLISIS DE SISTEMA DE AGITACIÓN:

SISTEMA CON 2 RECIRCULACIONES:

- ✓ RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD Y CAUDAL DE RECIRCULACIÓN –TENDENCIA LINEAL.
- ✓ RELACIÓN ENTRE VOLÚMENES ACTIVOS Y CAUDAL DE RECIRCULACIÓN –TENDENCIA LOGÍSTICA.

SISTEMA CON 1 RECIRCULACIÓN:

- ✓ ENERGETICAMENTE DEFICIENTE FRENTE AL DE 2 RECIRCULACIONES.

CONCLUSIONES

- **ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO:**

TRAS LA PARADA:

- ✓ 10 h – PARA ALCANZAR LA VELOCIDAD LÍMITE DE ESTANCAMIENTO EN TODO EL VOLUMEN.
- ✓ 6 h – PARA ALCANZAR UN VOLUMEN ACTIVO INFERIOR AL 50%.

TRAS EL REARRANQUE:

- ✓ 10 h – PARA ALCANZAR UNA VELOCIDAD MEDIA DE LOS FANGOS PRÓXIMA A LA NOMINAL.
- ✓ 2 h – PARA ALCANZAR UN VOLUMEN ACTIVO PRÓXIMO AL NOMINAL.

RÉGIMEN INTERMITENTE DEL SISTEMA DE AGITACIÓN:

- ❖ DETERMINACIÓN DE UN RANGO DE VOLÚMENES ACTIVOS.
- ✓ RANGO 99-95% ($v > 0,02\text{m/s}$): RÉGIMEN DE 2h PARADA/2h ARRANQUE.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A ACCIONA AGUA, que financió la realización del presente proyecto.
- ❖ A ESAMUR, que facilitó los datos experimentales del digestor estudiado.
- ❖ A la Fundación Parque Científico de Murcia, en cuyas instalaciones (Centro de Supercomputación Ben Arabi) se desarrolló el cálculo numérico.

REFERENCIAS

- [1] Vesvikar, M.S., Al-Dahhan, M. *Flow pattern visualization in a mimic anaerobic digester using CFD*. *Biotechnology and Bioengineering* 89 (6), 719–732, 2005.

- [2] Levenspiel, Octave. *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. Ed. Limusa Wiley, 3^aed , 2004.