



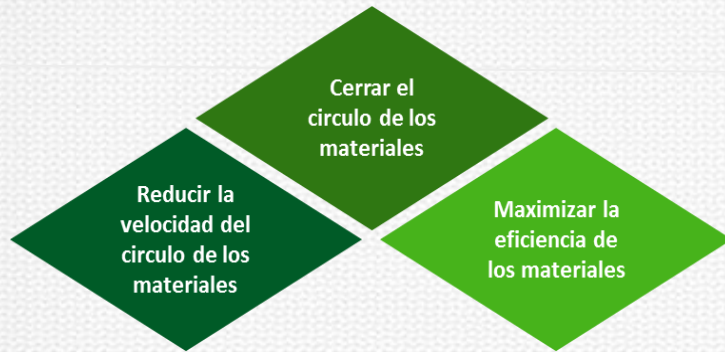
# **Economía Circular en los negocios de agua y saneamiento: Programa de Ahorro y Uso eficiente del Agua**

**MAURICIO GONZALEZ ECHEVERRI**  
Jefe Unidad Conservación del Agua



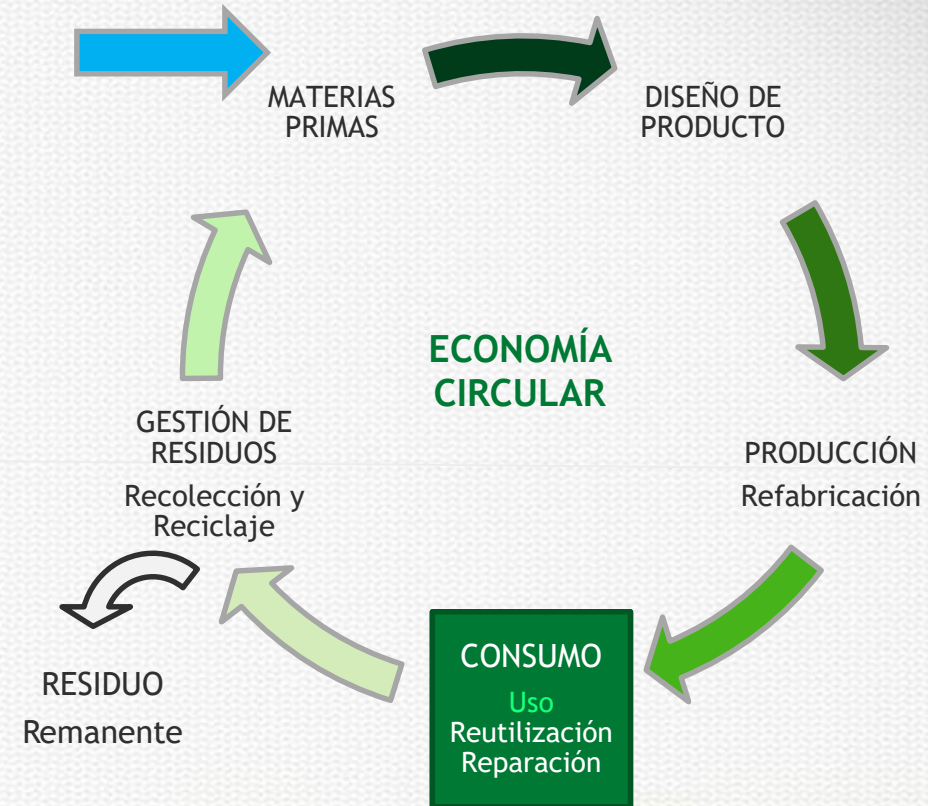
# Economía Circular

Por definición, la economía circular es **reparadora y regenerativa**, y pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general, mantengan su utilidad y valor en todo momento.



## Dimensiones de las políticas relacionadas con la economía circular

Fuente: Modificado de OCDE, Martina Bačová *et al.* (2016).

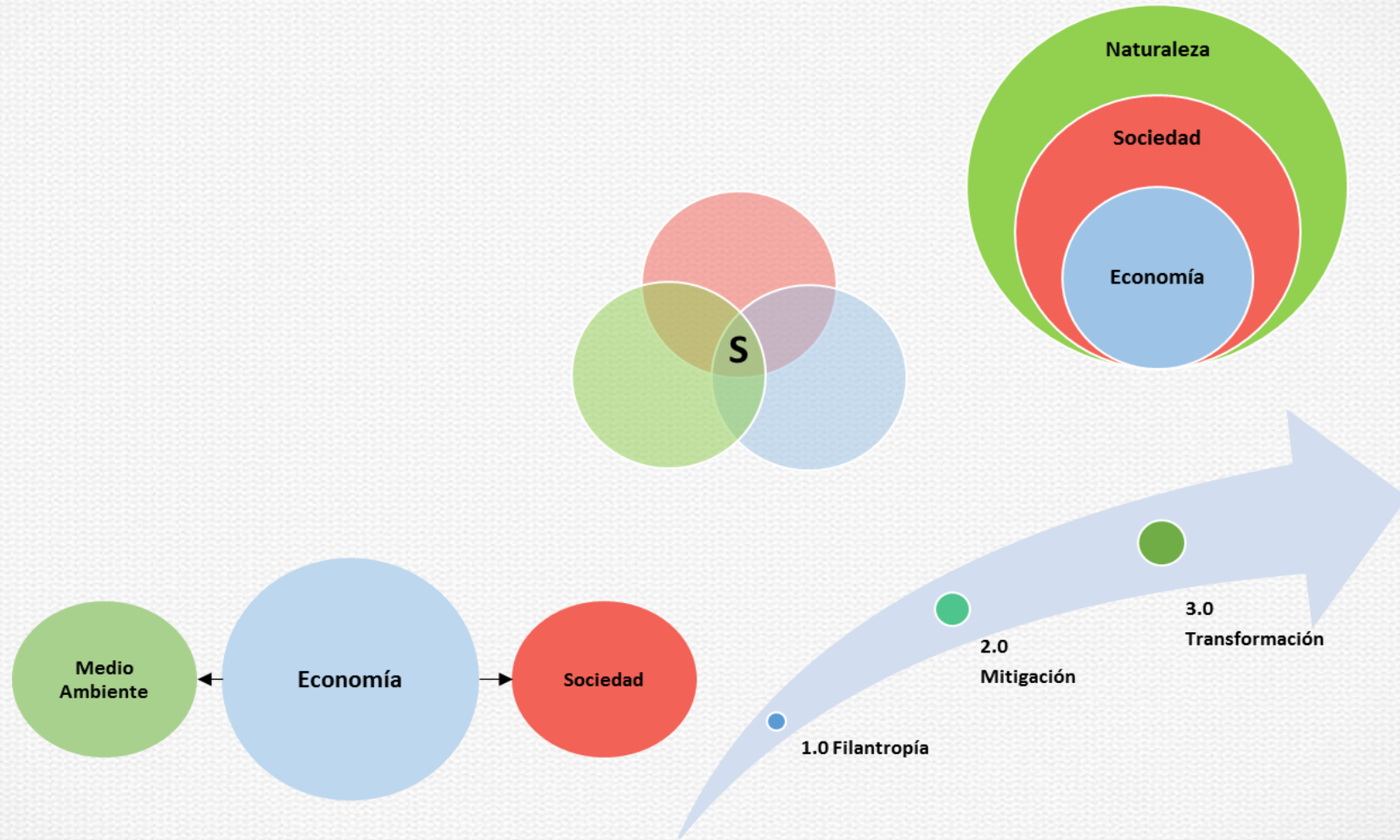


Ver el agua como un producto = aplicación del concepto de economía circular



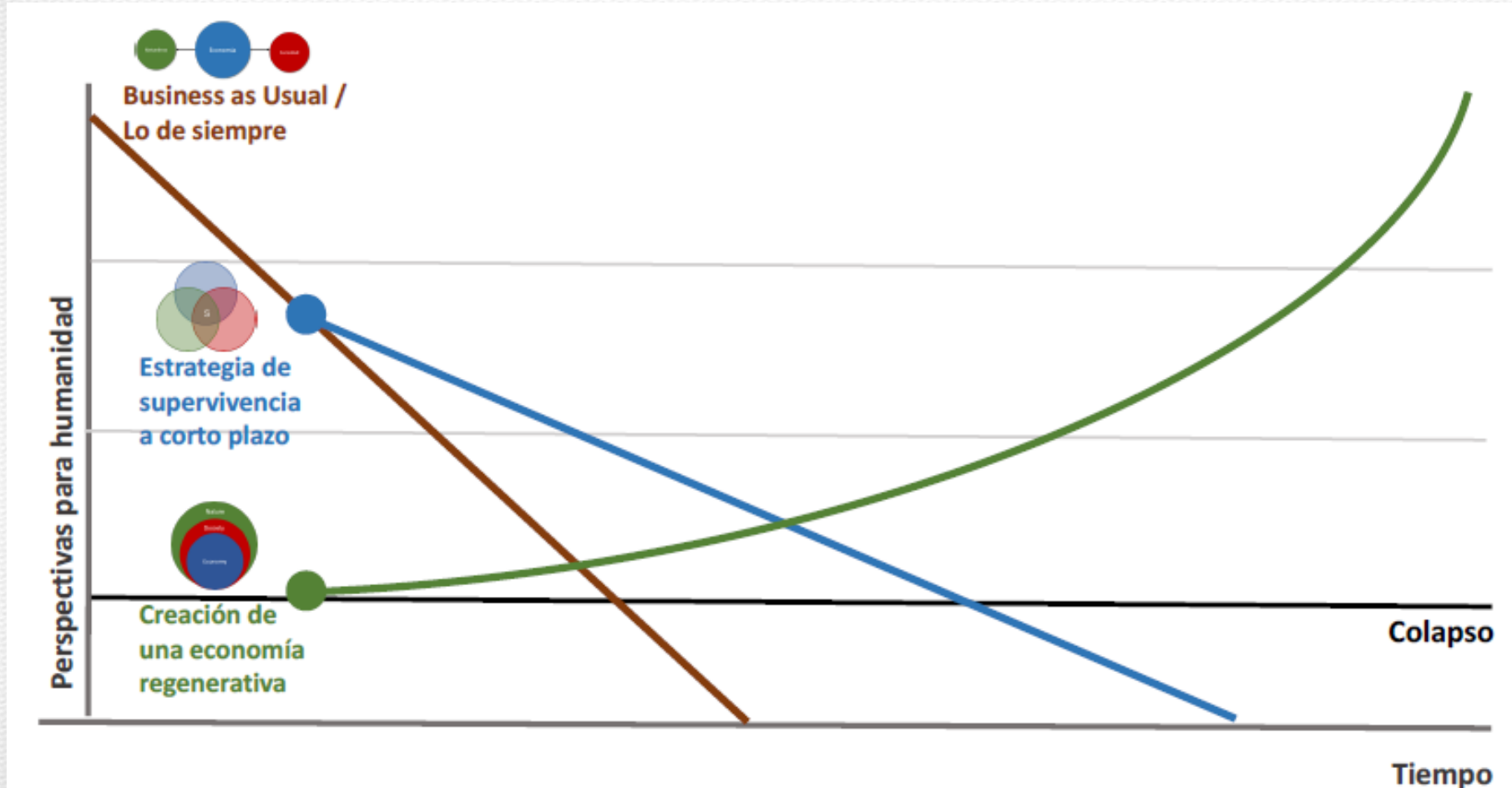


# Evolución concepto de sostenibilidad



Fuente: Encuentro RSE/EPM, Ernst Ligteringen, mayo 2017.

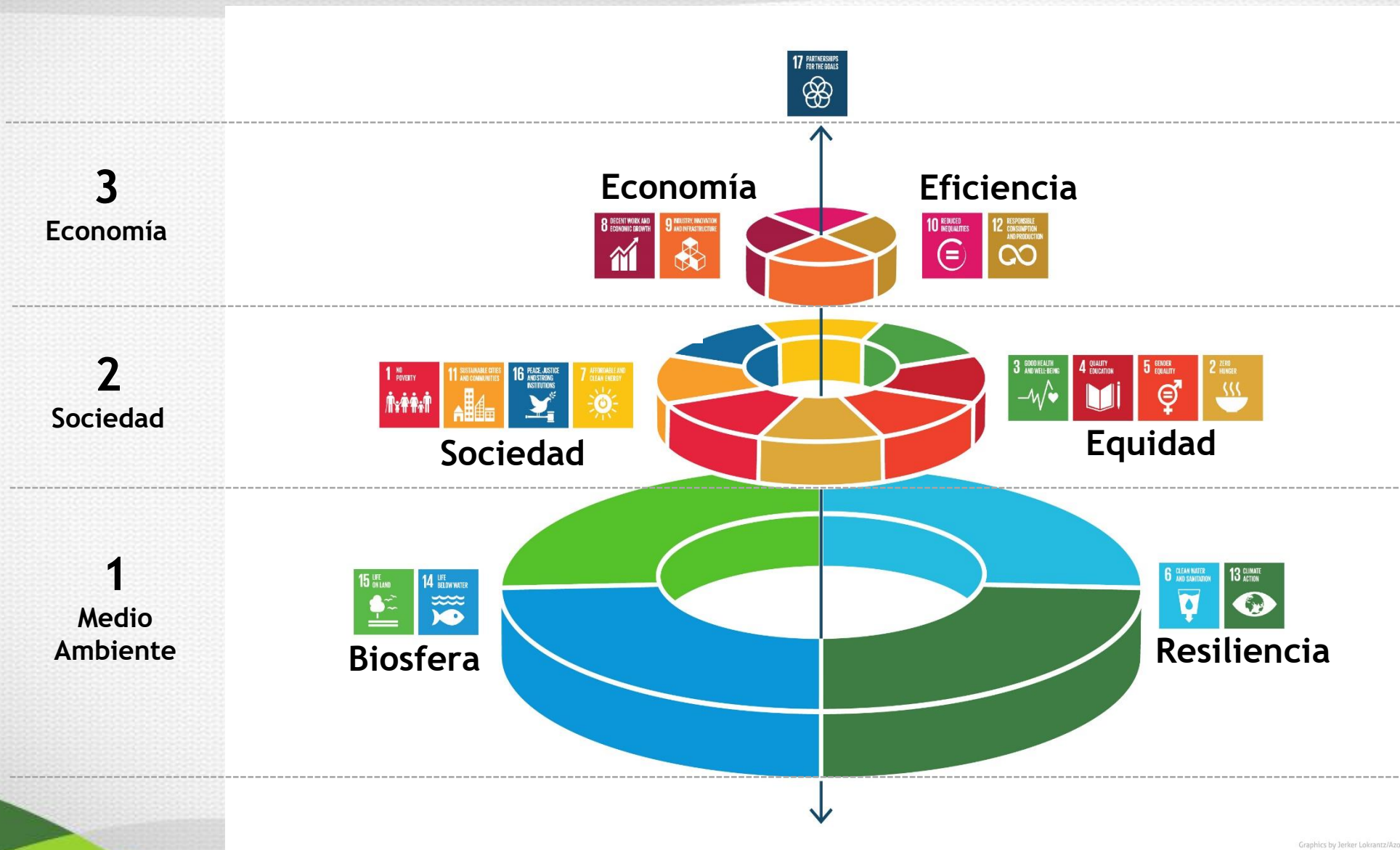
# Evolución concepto de sostenibilidad



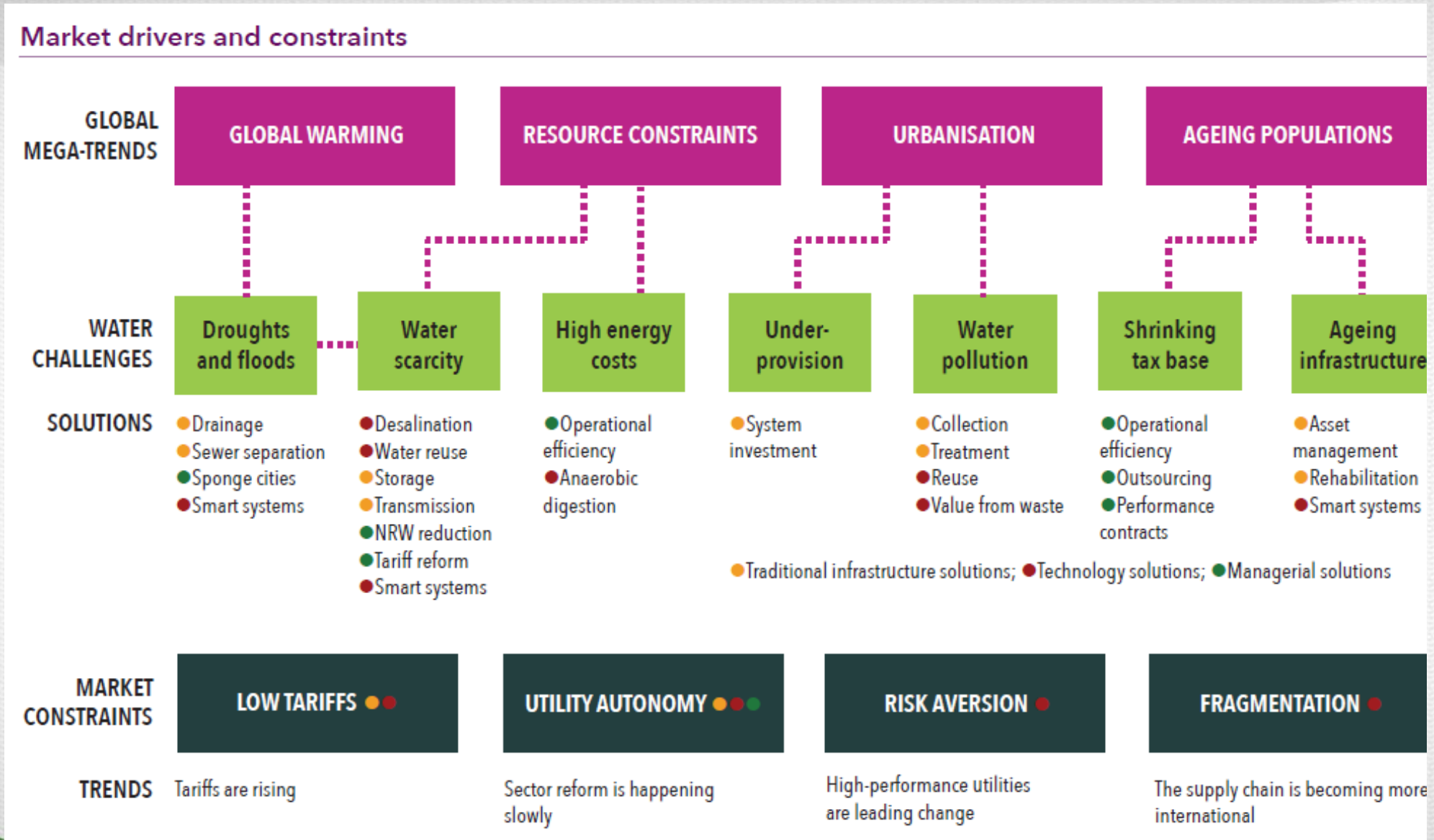
Fuente: Encuentro RSE/EPM, Ernst Ligteringen, mayo 2017.



# Evolución concepto de sostenibilidad



# Elementos análisis prospectiva sectorial (agua y saneamiento)





# Temas materiales Grupo EPM y ODS





# Sistema de acueducto

Embalses y plantas



P: Planta





# Usuarios por municipio y tipo de uso



## USUARIOS POR TIPO DE USO

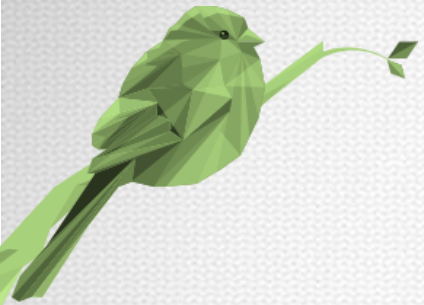
| Tipo de uso  | 2016             |
|--------------|------------------|
| Residencial  | 1,044,612        |
| Comercial    | 74,974           |
| Industrial   | 8,095            |
| Otros        | 3,331            |
| <b>Total</b> | <b>1,131,012</b> |

## USUARIOS POR MUNICIPIO

| Municipio    | 2016             |
|--------------|------------------|
| Medellín     | 765,135          |
| Bello        | 120,539          |
| Itagüí       | 81,723           |
| Envigado     | 72,068           |
| Copacabana   | 19,400           |
| Sabaneta     | 27,960           |
| Caldas       | 17,219           |
| La Estrella  | 11,595           |
| Girardota    | 8,745            |
| Barbosa      | 6,628            |
| <b>Total</b> | <b>1,131,012</b> |



# Usuarios por municipio y tipo de uso



| Planta        | 2016<br>(m <sup>3</sup> /año) |
|---------------|-------------------------------|
| La Ayurá      | 133,432,960                   |
| Manantiales   | 123,012,780                   |
| Villa Hermosa | 4,833,326                     |
| La Montaña    | 6,140,515                     |
| San Cristóbal | 3,991,525                     |
| Caldas        | 3,261,787                     |
| La Cascada    | 1,663,550                     |
| San Antonio   | 2,504,730                     |
| Barbosa       | 1,445,637                     |
| Aguas Frías   | 472,176                       |
| Palmitas      | 37,467                        |
| <b>Total</b>  | <b>280,796,453</b>            |





## Conceptos Agua No Contabilizada (ANC)

### *PÉRDIDAS DE AGUA Y ESTRATEGIAS GENERALES*

**Pérdidas técnicas o reales:** están constituidas por la suma del agua que se pierde por derrames o fugas debido a fallas en los controles o por mala operación en los componentes del sistema.

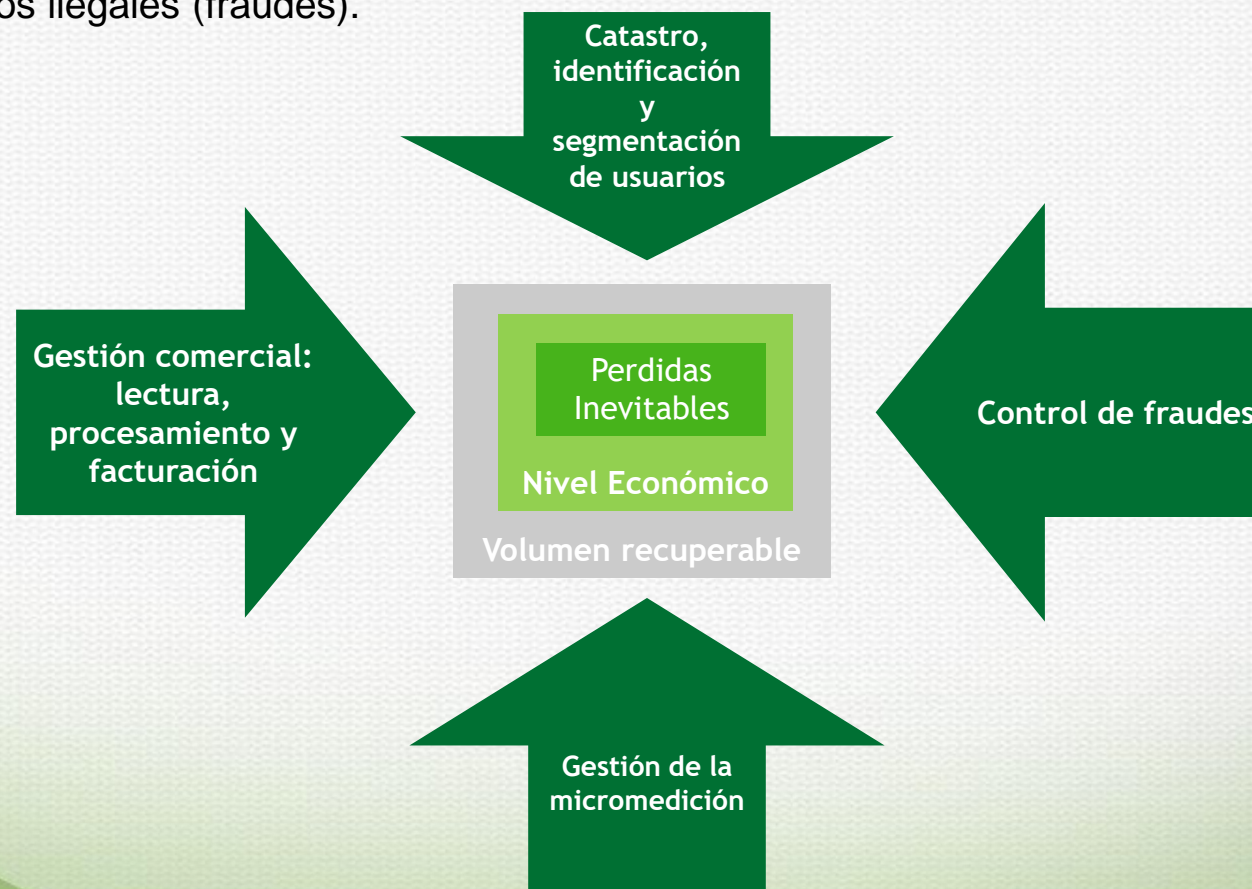




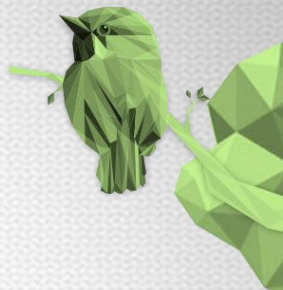
## Conceptos Agua No Contabilizada (ANC)

### PÉRDIDAS DE AGUA Y ESTRATEGIAS GENERALES

**Pérdidas comerciales o aparentes:** es el consumo incontrolado pero consumido, debido al error de los medidores, al error en las estimaciones de consumos autorizados y a los consumos ilegales (fraudes).



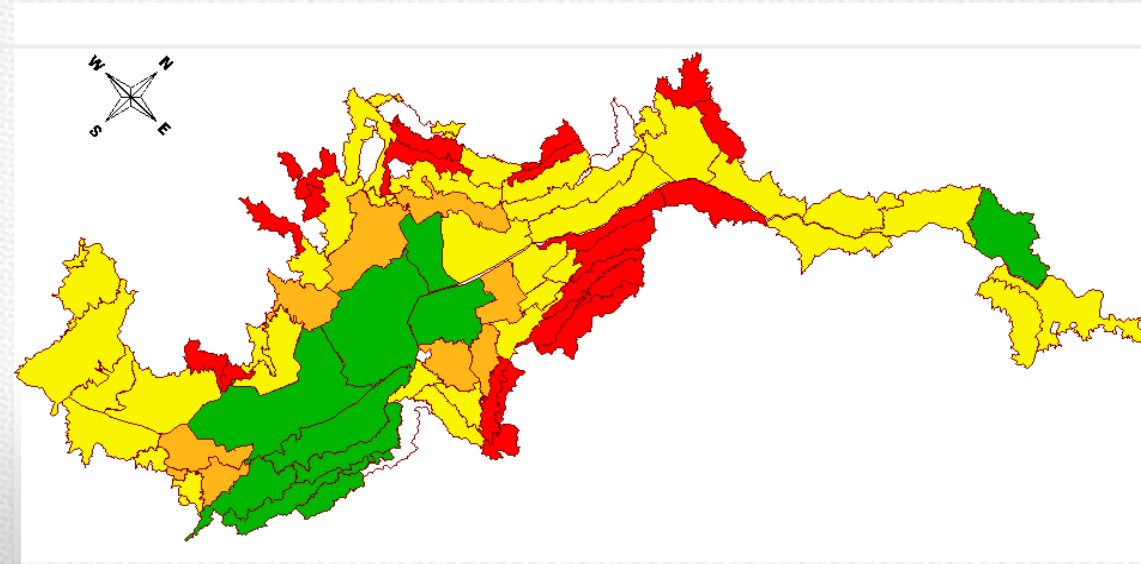




# ANC y la población

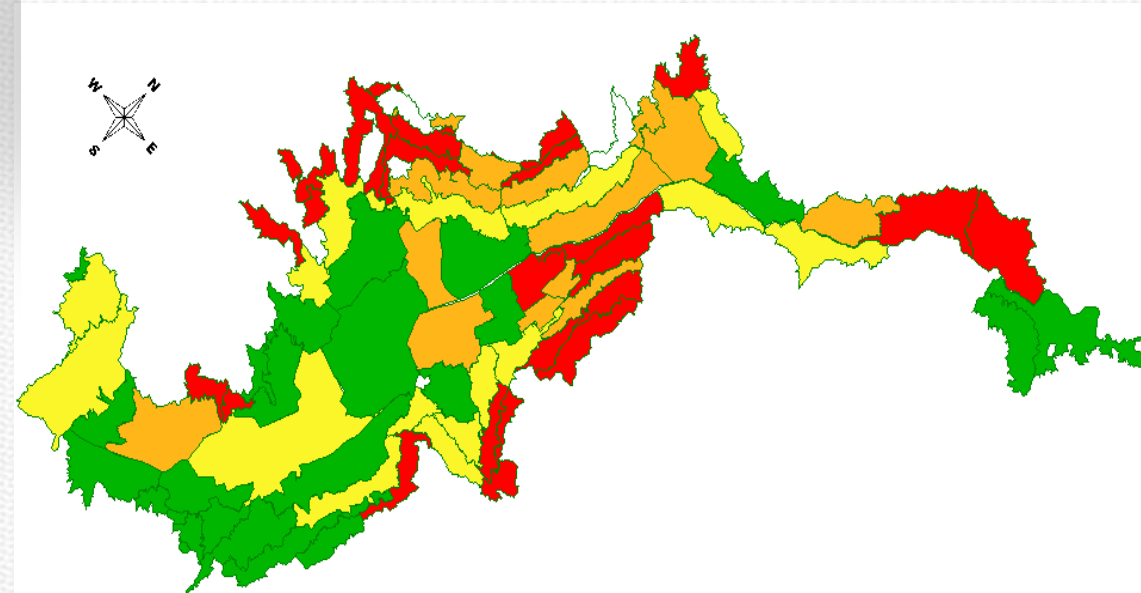
## % ANC por circuitos

|  |           |
|--|-----------|
|  | < 25%     |
|  | 25% - 35% |
|  | 35% - 45% |
|  | > 45%     |



## Estratos predominantes por circuitos

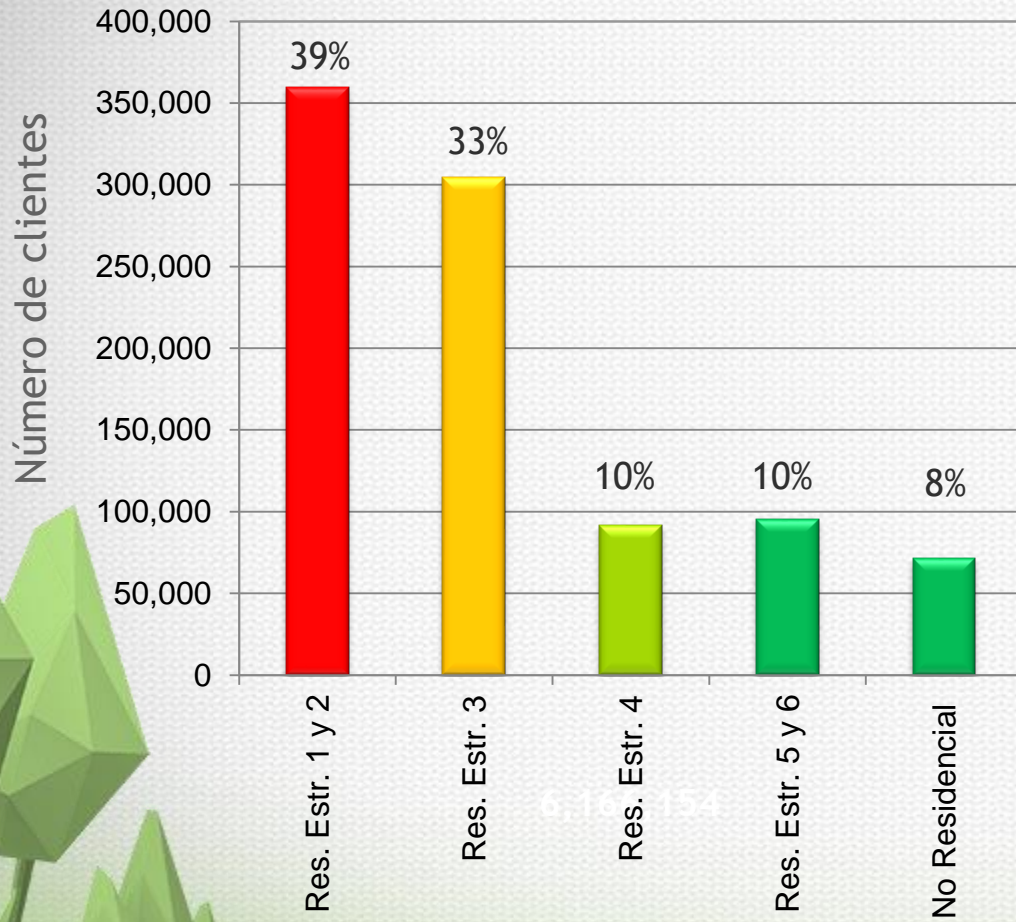
|  |          |
|--|----------|
|  | 4-5-6-NR |
|  | 3-4      |
|  | 2-3      |
|  | 1-2      |



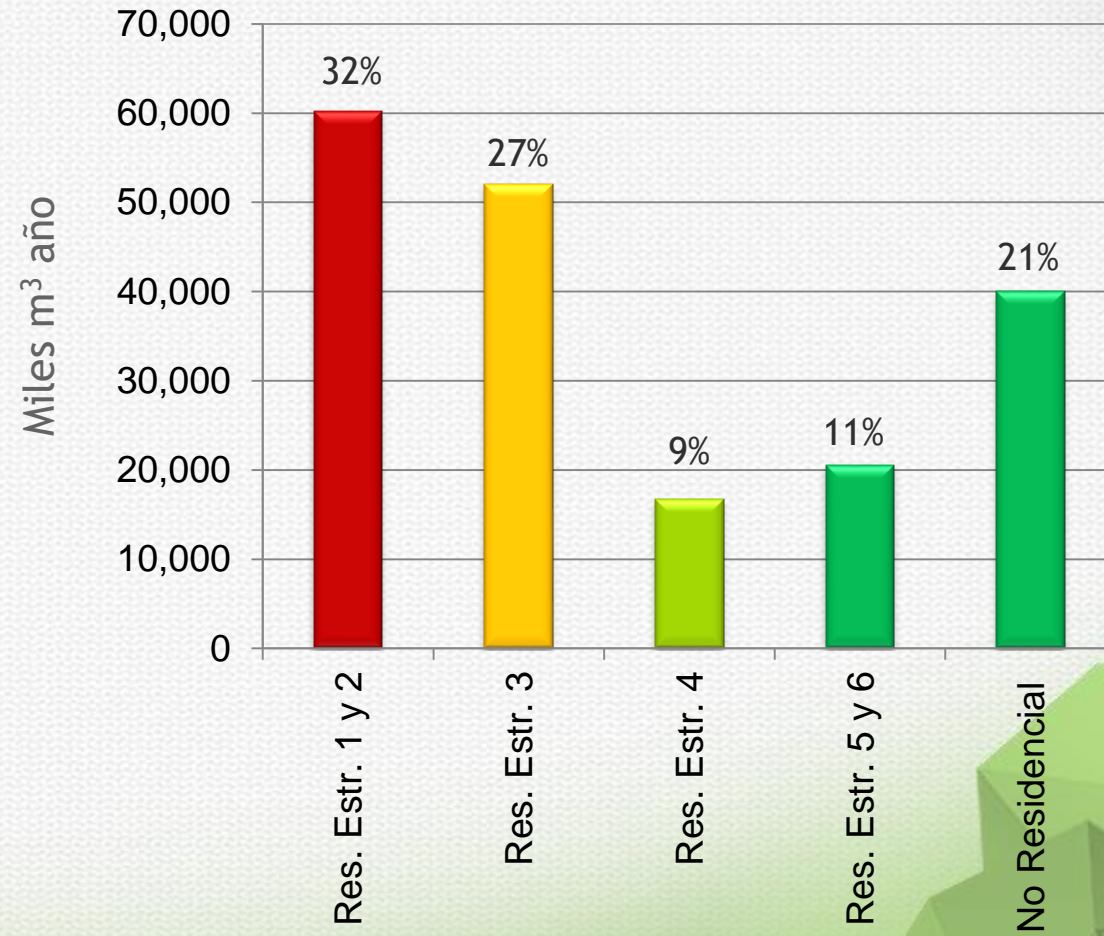
Se estima que hay más de 150.000 personas que toman el agua potable de manera irregular en condiciones de riesgo geológico.



## CLIENTES



## CONSUMO





## AGUA NO CONTABILIZADA:

Representa la diferencia entre el suministro (volumen total de agua potable producido e inyectado al sistema, medido a salida de plantas) y la facturación (volumen consumido y facturado a los clientes).

## ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA:

Según la Resolución CRA 315 de 2005, está definido por la fórmula:

$$\% ANC = \frac{\text{Volumen producido} - \text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}}$$

## ÍNDICE DE PÉRDIDAS POR USUARIO FACTURADO:

Según la Resolución CRA 688 de 2014, está definido por la fórmula:

$$IPUF = \frac{ANC / 12}{N.Clientes} \quad \text{en } m^3/us/mes$$



# Balance Hídrico

|                               |  |                                 |  |                   |
|-------------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------|
| Volumen de entrada al sistema | Consumo autorizado                               | Consumo autorizado facturado    | Consumo facturado medido                       | Agua facturada    |
|                               |  |                                 | Consumo facturado no medido                    |                   |
|                               |  | Consumo autorizado no facturado | Consumo no facturado medido                    | Agua no facturada |
|                               |  |                                 | Consumo no facturado no medido                 |                   |
|                               | Pérdidas de agua                                 | Pérdidas comerciales            | Consumo no autorizado                          |                   |
|                               |  |                                 | Inexactitudes de los medidores                 |                   |
|                               |  | Pérdidas físicas                | Fugas en tuberías de conducción y distribución |                   |
|                               |  |                                 | Fugas y reboses en tanques de almacenamiento   |                   |
|                               | Fugas en conexiones de servicio hasta el medidor |                                 |  |                   |

Balance Hídrico: terminología y metodología propuestas por el Grupo de Trabajo de Pérdidas de Agua\* de la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés) para el cálculo del **balance hídrico anual estándar** y los indicadores de gestión relacionados con las pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento.

\*Hirner, 1998



# Balance Hídrico

|  |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| <b>Ene/16</b><br>a<br><b>Dic/16</b><br><br><b>Volumen anual de entrada al sistema</b><br>280.712.884 m3/año<br><br>Margen de error [+/-]<br>2,0%<br><br>Porcentaje<br>100,0% | <b>Consumo autorizado</b><br><br>205.104.816 m3/año<br><br>Porcentaje: 73,1% | <b>Consumo autorizado facturado</b><br><br>192.205.977 m3/año<br><br>Porcentaje: 68,5% | <b>Consumo facturado medido</b><br><br>190.916.295 m3/año<br>Porcentaje: 68,0%  | <b>Agua facturada</b><br><br>192.205.977 m3/año<br><br>Porcentaje: 68,5%    |
|  |  | <b>Consumo autorizado no facturado</b><br>12.898.839 m3/año<br><br>Porcentaje: 4,6%    | <b>Consumo facturado no medido</b><br>1.289.682 m3/año<br><br>Porcentaje: 0,5%  |   |
|  |  | <b>Pérdidas aparentes (comerciales)</b><br>37.728.967 m3/año<br><br>Porcentaje: 13,4%  | <b>Consumo no facturado medido</b><br>6.108.782 m3/año<br>Porcentaje: 2,18%   |   |
|  | <b>Pérdidas de agua</b><br><br>75.608.068 m3/año<br><br>Porcentaje: 26,9%    | <b>Pérdidas reales (físicas)</b><br><br>37.879.101 m3/año<br><br>Porcentaje: 13,49%    | <b>Consumo no facturado no medido</b><br>6.790.057 m3/año<br>Porcentaje: 2,42%  | <b>Agua no facturada</b><br><br>88.506.907 m3/año<br><br>Porcentaje: 31,53% |
|  |  |  | <b>Consumo no autorizado</b><br>19.042.128 m3/año<br>Porcentaje: 6,78%  |   |
|  |  |  | <b>Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura</b><br>18.686.838 m3/año<br>Porcentaje: 6,66% |   |
|  |  |  |   |   |



### Normatividad anterior

Resolución CRA 287 de 2004, a través del CMO: Costo Medio de Operación y las Inversiones, considera un valor máximo del IANC del 30%.

### Normatividad actual

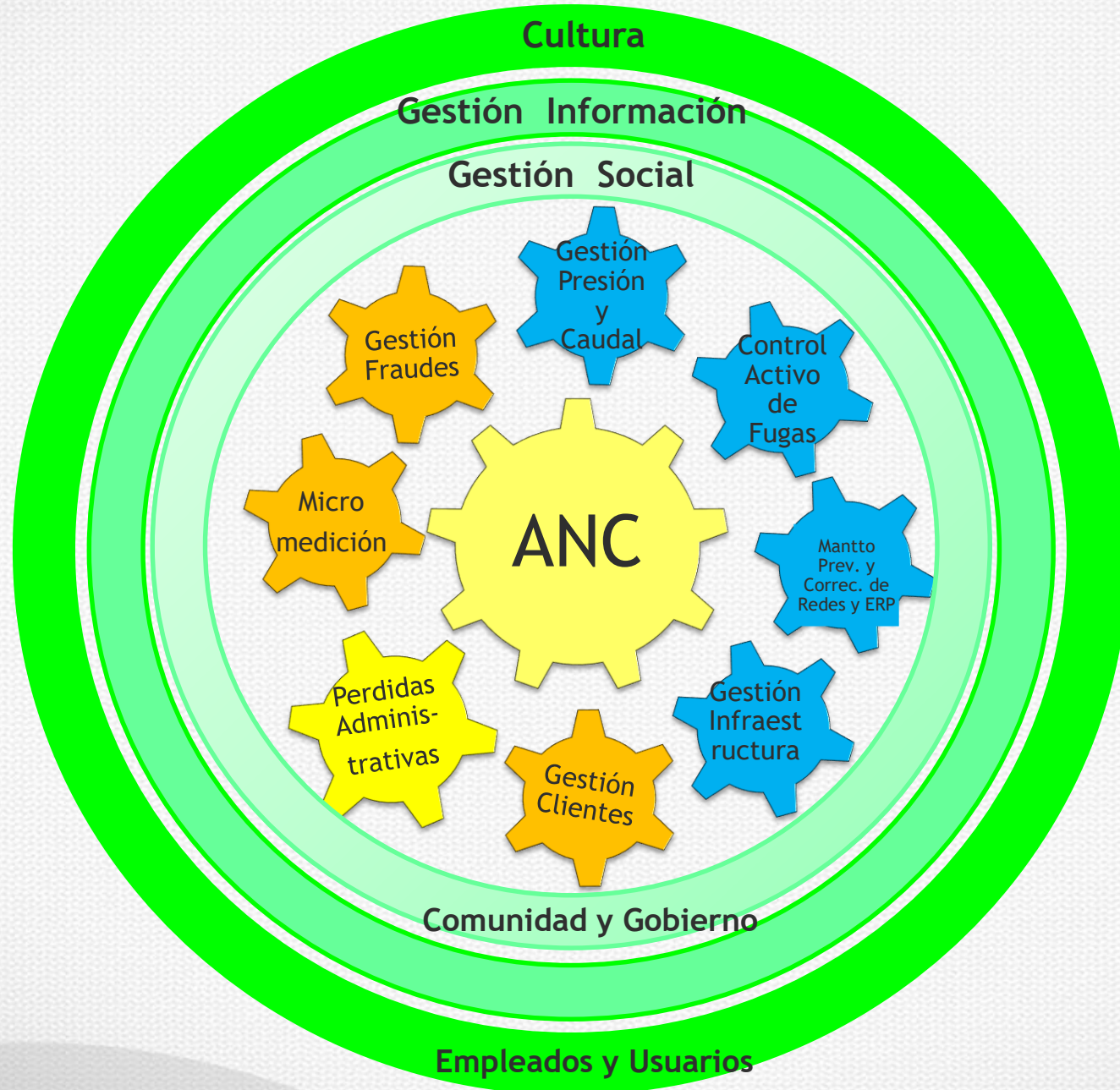
*Resolución 688 de junio 24 de 2014*, a través del IPUF: Índice de Pérdidas por Usuario Facturado (IPUF\*), establece un valor objetivo para el indicador.

#### ***Para sistemas con más de 5,000 usuarios***

- Se establece la meta de 6 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes para cumplirse a 10 años (75%).
- También cumplible a través del nivel económico de pérdidas a 5 años.
- *Entró en vigencia a partir de julio de 2016 y se encuentra en revisión un nuevo proyecto de norma que lo modifica.*



# Estrategia integral del control de pérdidas



PROCESOS TÉCNICOS

PROCESOS COMERCIALES



## Consideraciones de un Programa de ANC

### Objetivo



Lograr contrarrestar el deterioro (natural) de la infraestructura con base en la ejecución de acciones tanto técnicas como comerciales

- El deterioro del sistema en términos de pérdidas de agua (ANC) puede ser considerado como una consecuencia de la existencia de fallas en su administración (operación y dirección).
- Es fundamental conocer la dinámica de las pérdidas.



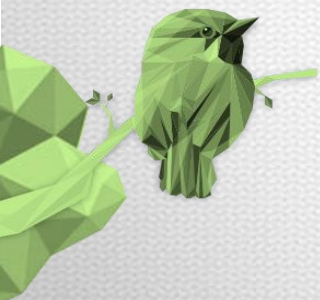
## Consideraciones de un Programa de ANC

### *Beneficios*

- Ahorro de un recurso natural (escaso-costoso)
- Incremento de la eficiencia del sistema
- Retraso de inversiones en infraestructura
- Incremento en la expectativa de vida útil del sistema
- Incremento en los ingresos- ganancias de la empresa
- Reducción en los requerimientos de energía

### *Causas de Falla*

- Diagnóstico inicial superficial
- Implementación parcial del programa
- Plan de acción pobremente elaborado
- Falla en la asignación de suficientes recursos tanto humanos como financieros
- Carencia de coordinación entre los componentes del plan
- Subestimar las dificultades
- Fallas en la programación y estimación del tiempo para ejecutar y observar los resultados del programa
- Desinterés o falta de patrocinio del nivel directivo de la empresa





## Consideraciones de un Programa de ANC

### Recursos

- Recursos financieros
- Recursos humanos
- Dirección (coordinación)
- Operación (ejecución)
- Materiales y equipos
- Contratos de ejecución de obra y/o prestación de servicios
- Proceso de contratación
- Interventoría

### Medidas de reducción de perdidas

1. El caudal del agua se mide en todas las etapas del sistema:
  - Entrada y salida de la planta de potabilización.
  - Los tanques se encuentran dotados con equipos de macromedición y control remoto para ser monitoreados en tiempo real desde el Despacho de acueducto. (macromedidores, medidores de nivel en los tanques).
  - Se cuenta con micromedición en las acometidas a los usuarios.
2. El sistema de distribución primaria cuenta también con medidores de presión que sirven para verificar variaciones altas de presión que son indicadores de fugas en la red.
3. Monitoreos de parámetros físicos y químicos.



## Medidas de reducción de pérdidas y consumo de agua

| ÁREA                         | ESTRATEGIA  | ACTIVIDAD  | META 2016 | UN | BENEFICIOS O IMPACTOS IDENTIFICADOS            | CANTIDAD EJECUTADA | Ejecución /Meta |
|------------------------------|---|--|-----------|----|--|--------------------|-----------------|
| Control de pérdidas técnicas | Control de suministro mediante mejoramiento de condiciones técnicas, control de fugas y presiones | Gestión de sectores subnormales ya existentes  | 250.000   | m3 | Reducción de consumo en medidores comunitarios | 172.656            | 69%             |
|                              | Gestión de presiones  | Adecuación de perfiles óptimos en ERP instrumentadas con control activo de presiones (82)<br><br>Presión promedio: 3mca de reducción | 300.000   | m3 |  | 346.701            | 116%            |
|                              | Control activo de fugas   | Búsqueda sistemática de fugas con personal propio  | 300.000   | m3 | Reducción en consumos mínimos nocturnos        | 346.701            | 116%            |



## Medidas de reducción de pérdidas y consumo de agua

| ÁREA                            | ESTRATEGIA                         | ACTIVIDAD  | META 2016 | UN         | BENEFICIOS O IMPACTOS IDENTIFICADOS | CANTIDAD EJECUTADA | Ejecución /Meta |
|---------------------------------|------------------------------------|--|-----------|------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Control de pérdidas comerciales | Control de fraudes                 | Localización y normalización de fraudes residenciales y no residenciales | 15.000    | Revisiones | Incremento en la facturación        | 14.082             | 94%             |
|                                 |                                    |  | 180.000   | m3         | Acumula 12 meses                    | 194.332            | 108%            |
|                                 | Control de fraudes (Debido Cobrar) | Normalización de instalaciones mediante medición prepago                 | 10.500    | Viviendas  | Incremento en la facturación        | 8.923              | 89%             |
|                                 |                                    |  | 600.000   | m3         |                                     | 818.884            | 136%            |
|                                 | Control de fraudes (Clandestinos)  | Vinculación de clandestinos en sectores con redes                        | 667       | Viviendas  | Incremento en la facturación        | -                  | 0%              |
|                                 |                                    |  | 50.000    | m3         | Acumula 12 meses                    | -                  | 0%              |
|                                 | Gestión de la micromedición        | Renovación del parque de medidores                                       | 108.000   | Medidores  | Incremento en la facturación        | 119.470            | 111%            |
|                                 |                                    |  | 1.000.000 | m3         | Acumula 12 meses                    | 1.381.328          | 138%            |
|                                 | Gestión de la micromedición        | Cambio de Medidores de Mayor Diámetro                                    | 20.000    | m3         | Incremento en la facturación        | -                  | 0%              |
|                                 |                                    |  |           |            | Acumula 12 meses                    |                    |                 |



## Medidas de reducción de pérdidas y consumo de agua

| ÁREA   | ESTRATEGIA                 | ACTIVIDAD                            | META 2016 | UN        | BENEFICIOS O IMPACTOS IDENTIFICADOS              | CANTIDAD EJECUTADA | Ejecución /Meta |
|--|----------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|--|--------------------|-----------------|
| Control de pérdidas técnicas y comerciales,<br>Relaciones y comunicaciones | Gestión Social y Operativa | Intervención de sectores subnormales | 2.500     | Viviendas | Beneficios solo por vinculación con pila pública | 2.208              | 88%             |
|  |                            |                                      | 145.000   | m3        |  | -                  | 0%              |
|  |                            | Intervención de lavaderos Informales | 50        | Lavaderos | Ingreso a facturación de primeros lavaderos      | 40                 | 80%             |
|  |                            |                                      | 20.000    | m3        | Facturación lavaderos                            | 19.970             | 100%            |



# Renovación macromedidores

## Garantizar la calidad de medición

- Los beneficios son en la calidad de la información.
- Error ponderado de precisión pasa:  
Plantas y tanques del +/- 3.87% al +/- 0.5%.  
Salidas de plantas del +/- 4.61% al +/- 0.5%.
- 64% con 10 años o más de uso y 70% con tecnología obsoleta.
- La empresa pasa, desde el punto de vista de la macromedición según la IWA, de una categoría B (entre +/- 2% y +/- 5%) a una categoría A (Menor +/- 2%)



Se programó la renovación del parque de macromedidores, más de 105 medidores, instalando tipo electromagnéticos.

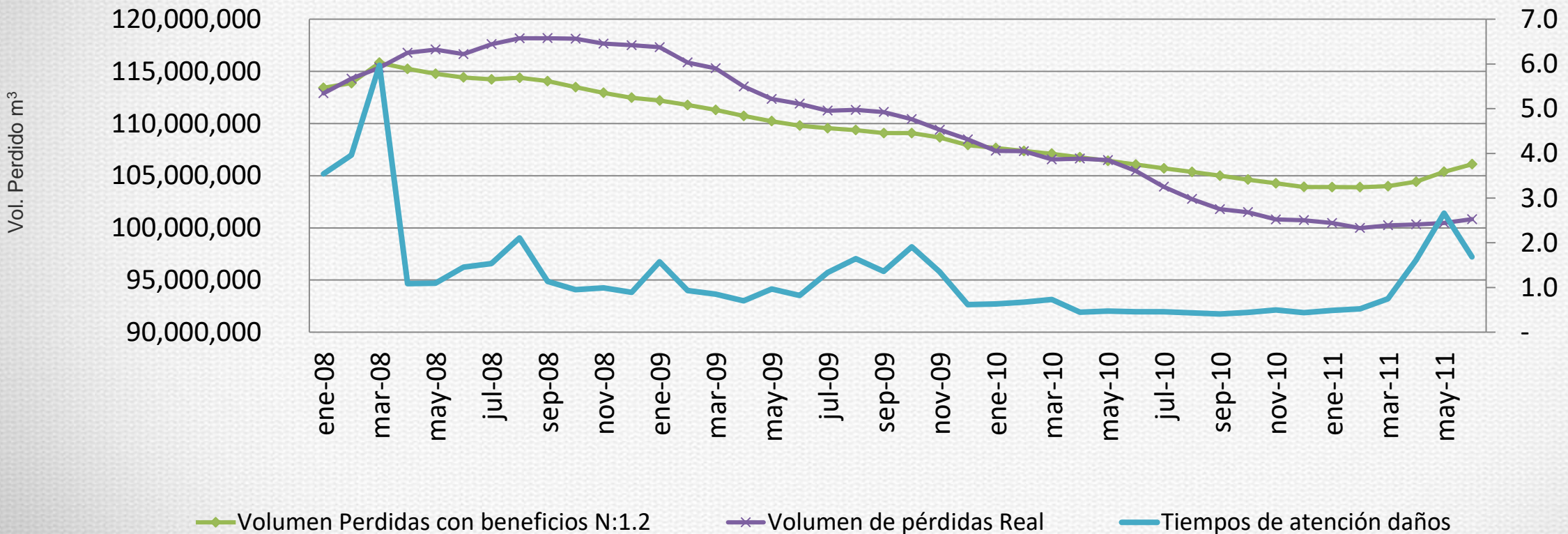


# Mejoramiento en mantenimiento

## Estimación Vol. Perd. acumulado por efectos de disminución tiempos daños



Tiempo atención daños días



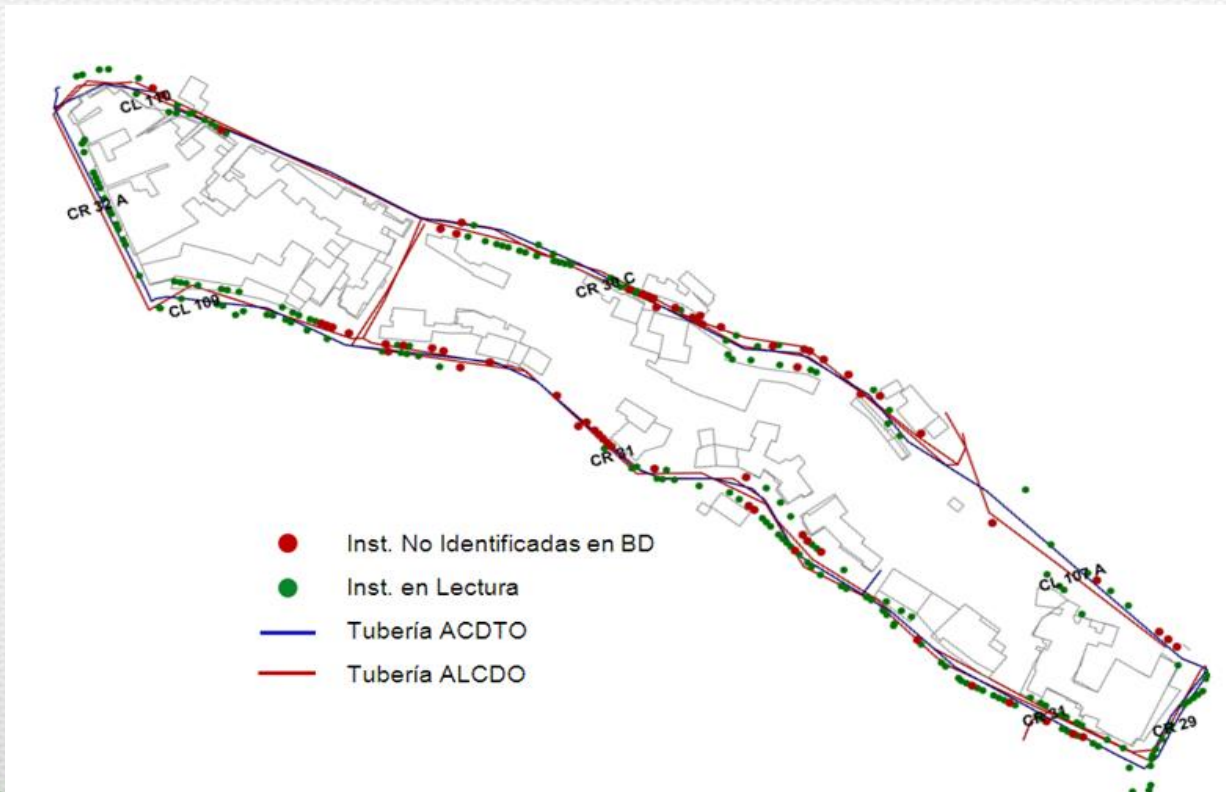
Se estiman los principales beneficios del proyecto ANC asociados al mejoramiento en los tiempos de atención de daños.



# Vinculación clientes clandestinos

## Localización y gestión comercial

Se encuentran bases de datos con direcciones que no cruzan con ninguna fuente de información que las relacione con el servicio de acueducto, pero que tienen redes de acueducto y alcantarillado a menos de 10 metros y algunas de ellas con servicio de energía.



**Ejemplo en 96 de estas instalaciones se encontró:**

- 55 Para legalizar
- 14 Consumo otra vivienda
- 27 Lotes o dirección errada

Se inicia proceso comercial para normalizar el servicio de estas instalaciones.



# Gestión social y técnica

## Lavaderos Informales de Carros



Programa enmarcado en la Política de Responsabilidad Social Empresarial que promueve la mitigación impactos ambientales, a través de la gestión técnica, social y comercial disminuyendo las pérdidas de agua potable.

- ✓ 75 lavaderos facturando bajo un modelo transicional. 40 lavaderos en el 30% (primeros 6 meses) y 35 lavaderos con incremento gradual del 2.5% a partir del mes 7 hasta llegar al 100% (Tarifa Comercial).
- ✓ Volumen suministrado periodo Enero/ Diciembre: 41.008 mt<sup>3</sup>
- ✓ Volumen facturado periodo Enero/ Noviembre: 19.970 mt<sup>3</sup>
- ✓ Valor facturado \$ 115' 359.675 Valor Recaudado \$ 95' 454.962 Efectividad del recaudo 83%



# Consideración importante

## *Deterioro del sistema por nuevos clandestinos*



Se estima que las personas desplazadas que ingresan a la ciudad se conectan clandestinamente al sistema de acueducto a mayor tasa que su normalización generando un deterioro en el sistema.

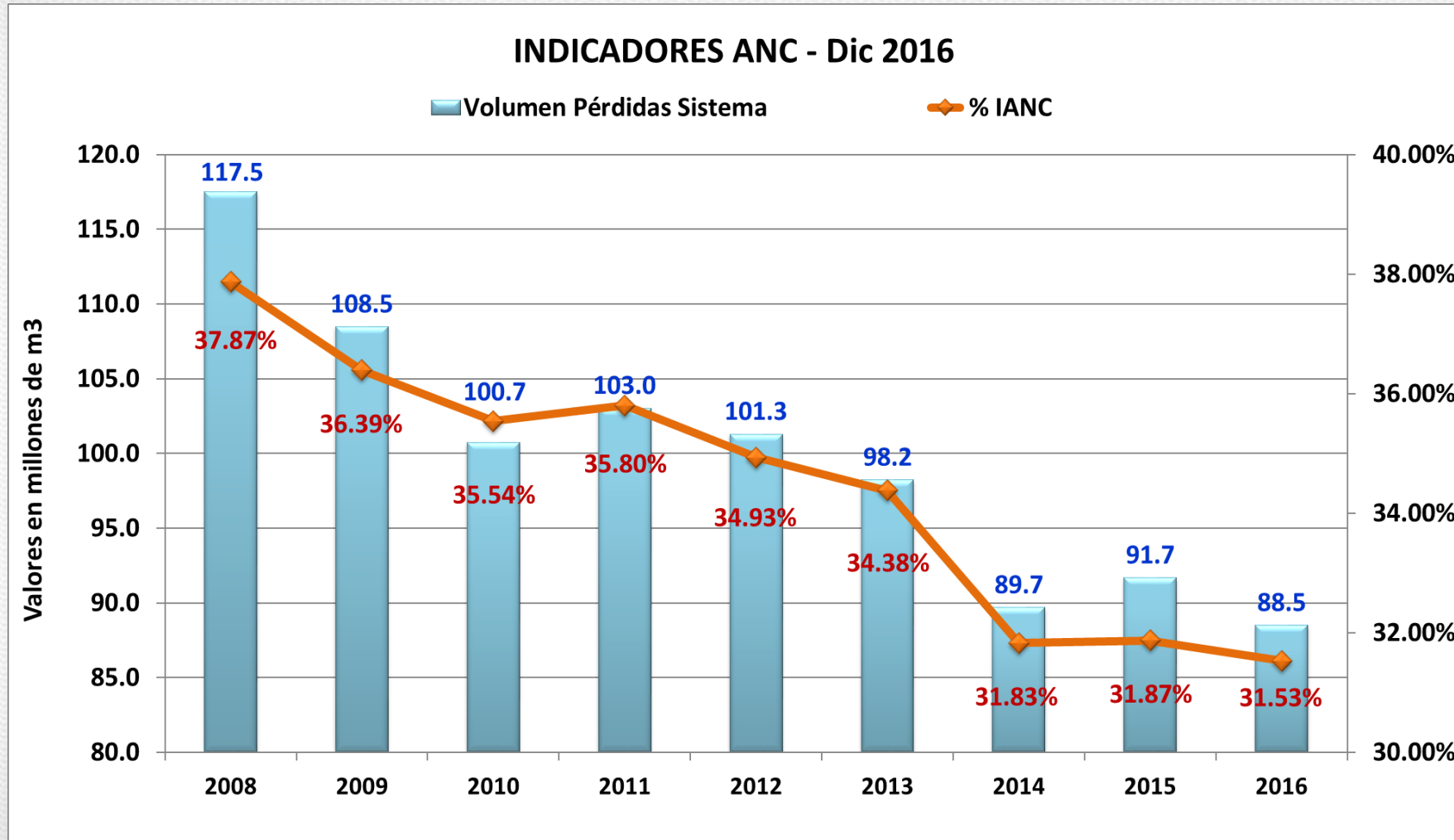
**Gráfico 6. Medellín: desplazados que llegan a la ciudad, 2002-2010**



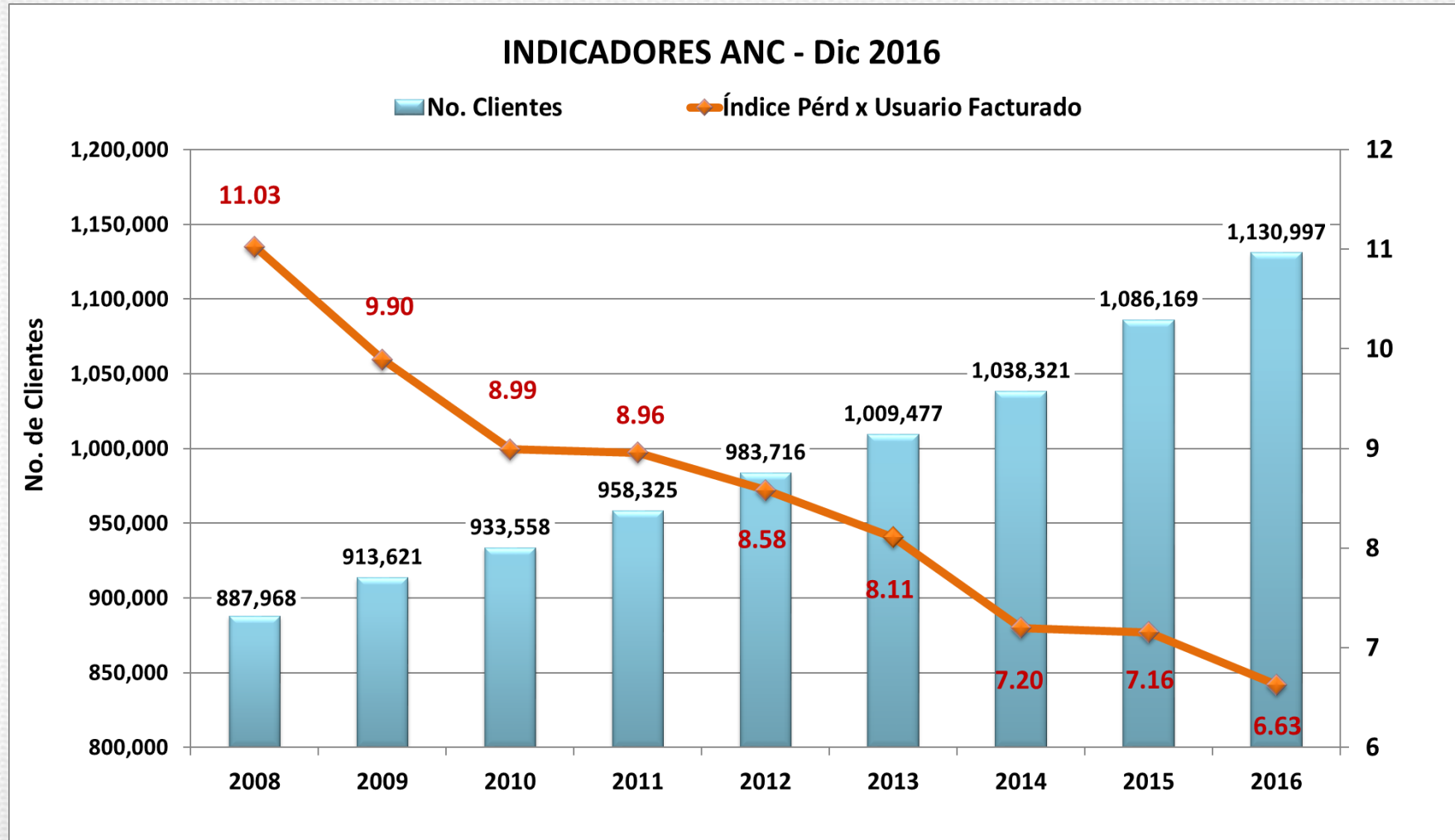
Informe de Calidad de Vida de Medellín 2010 (Medellín cómo vamos), Alcaldía de Medellín

Se proyectan clandestinas nuevas cada año con consumos promedios de 40 m<sup>3</sup>/viv mes, según registros de los medidores comunitarios, lo cual genera un deterioro de los resultados esperados













**A partir del año 2015, con el propósito de alinearnos con la resolución CRA688, el indicador base para medir la gestión del ANC pasa a ser el IPUF.**

$$IPUF_0 = \frac{AS_0 - AF_{0,ac/al}}{N_{0,ac} * 12}$$

Donde:

$IPUF_0$ : Índice de pérdidas por suscriptor-mes

$AS_0$ : Agua potable suministrada en el año base (m<sup>3</sup>/año)

$AF_0$ : Agua facturada en el año base (m<sup>3</sup>/año)

$N$ : Suscriptores facturados promedio en el año base (usuarios promedio)

| Indicador Acueducto  | Valor estándar de eficiencia | Meta y Gradualidad  | Valor para EPM Sistema Metropolitano  |
|--|------------------------------|---|---|
| <b>IPUF* - Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado Estándar</b><br><br>(Así se denomina en la Resolución CRA-688)<br><br>(m3/suscriptor/mes) | <= 6<br>m3/suscriptor/mes    | Para el año 5 debe lograrse el 50% de la diferencia, y para el año 10 debe lograrse el 75%. La gradualidad es de acuerdo con las metas de la persona prestadora | Valor año base 2014: 7.20<br><br>Valor año 1 (10%): 7.08<br>Valor año 5 (50%): 6.60<br>Valor año 10 (75%): 6.30<br><br>En m3/suscriptor/mes |



# Panorama en el Grupo EPM

Economía Circular

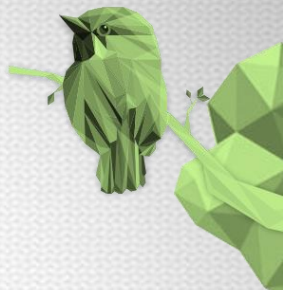
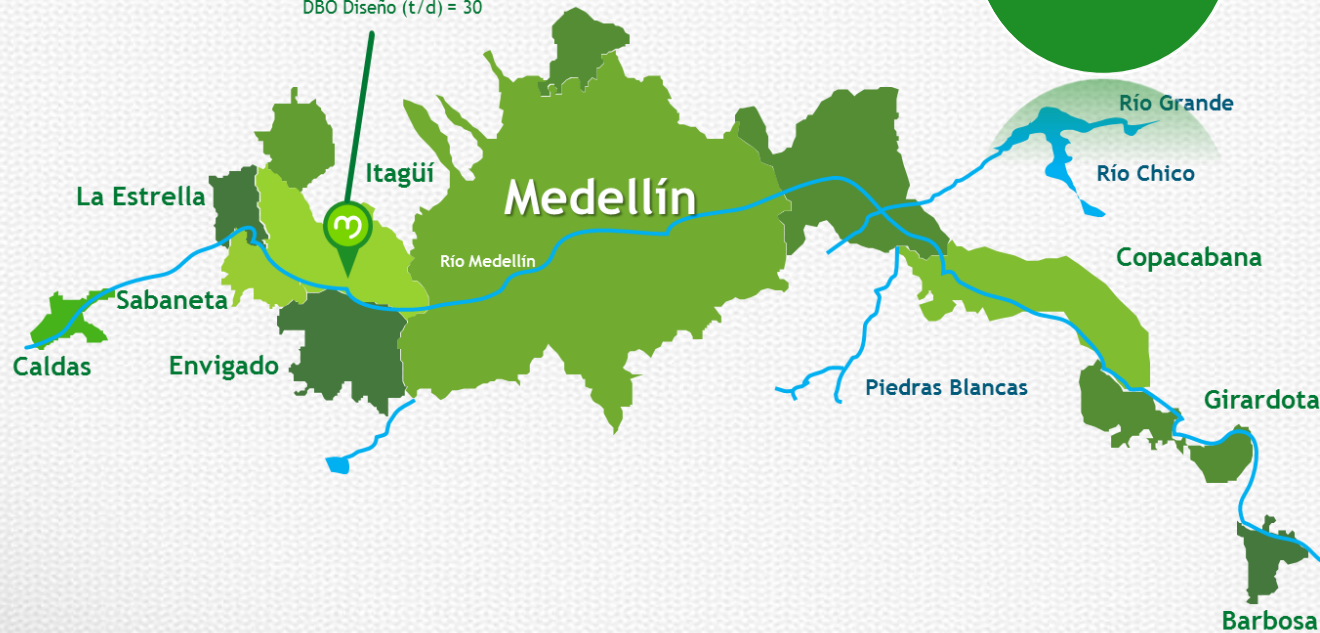


Se genera el **30% de la energía** eléctrica que consume la planta a partir del metano producido en la digestión anaerobia del tratamiento de aguas residuales.



Los **biosólidos** producidos a partir del tratamiento de aguas residuales se emplean para la enmienda y recuperación de suelos.

**Planta San Fernando**  
 Tratamiento secundario  
 Q. Diseño (m<sup>3</sup>/s) = 1.8  
 DBO Diseño (t/d) = 30





Grupo **epm**

# Panorama en el Grupo EPM

Economía Circular

## TICSA: Reúso de Agua

Para TICSA el reúso del agua forma parte integral de su estrategia de crecimiento y de su compromiso con la sostenibilidad. El reúso de las aguas residuales tratadas tiene enormes ventajas. Además de que depura el efluente y sus contaminantes, que de esa manera no van a parar a un río o el mar, contaminando estas fuentes de agua, tiene diversos usos de importancia.

Las principales actividades son las agrícolas e industriales, especialmente en los sectores de Gas y Petróleo, Energía, Alimentos y Bebidas, así como en la industria de la celulosa y el papel, automotriz, entre otras. Logrando mantener un abasto de agua continuo y seguro, de mayor calidad en el agua y sobretodo a un menor costo.



Planta de LERDO, vende agua residual para la CFE Comisión Federal de Energía a razón de 80 l/s promedio año. Se entrega agua residual tratada para la agricultura (PTAR LERDO queda en un sitio desértico que abonan y cultivan).

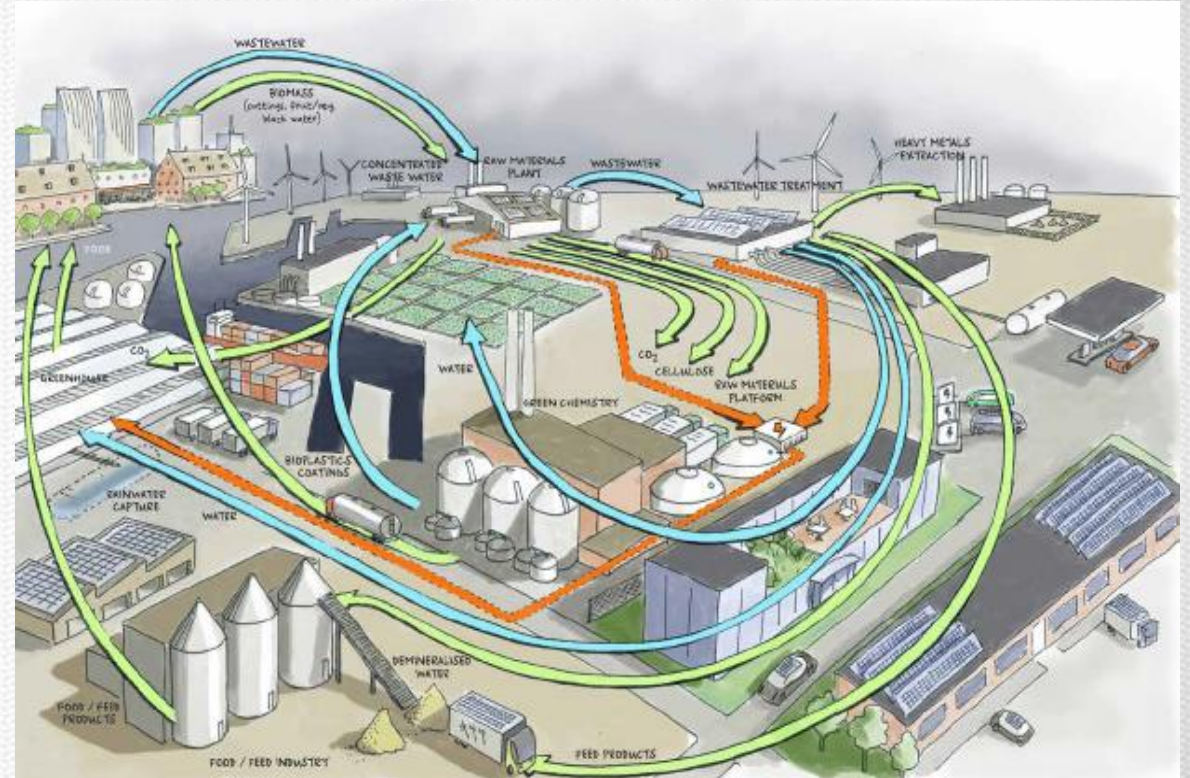
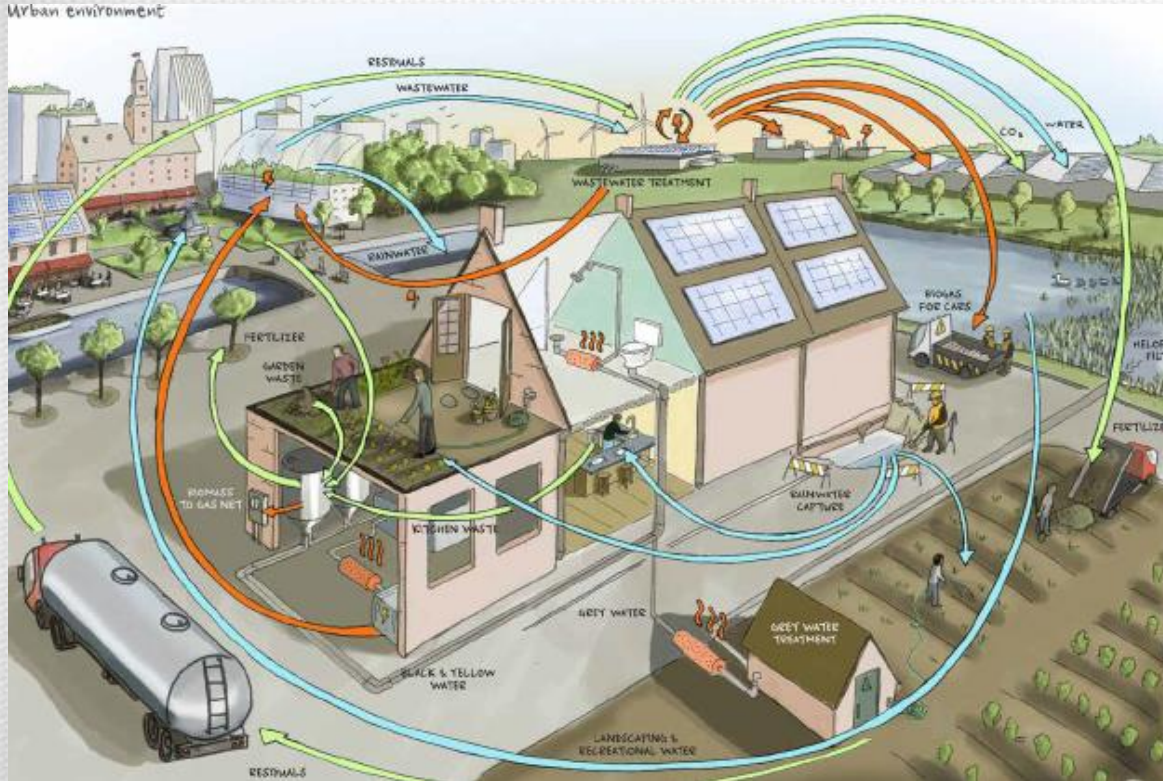


Planta TAMPICO, venden agua a PEMEX para torres de enfriamiento con desinfección a razón de 400 l/s, esto desde Abril 2017.



# Panorama en el Grupo EPM

Economía Circular



Referente: Wastewater management roadmap towards 2030 - Holanda





**Mauricio Gonzalez Echeverri**

[Mauricio.Gonzalez@epm.com.co](mailto:Mauricio.Gonzalez@epm.com.co)





Gracias

Grupo·epm<sup>®</sup>