

Simulación de Escenarios y Medidas  
con "LiWatool"

**Manfred Schütze**  
**(Coordinador general de „LiWa“)**  
**ifak Magdeburg**



Werner-Heisenberg-Str. 1  
39106 Magdeburg, Germany



+49-391-9901470



+49-391-9901461



manfred.schuetze@ifak.eu

- ❑ **Agua y desagües en Lima – hoy y hasta el año 2040**
  - ❑ Como será el futuro de Lima?
  - ❑ Que podemos/deberíamos hacer?

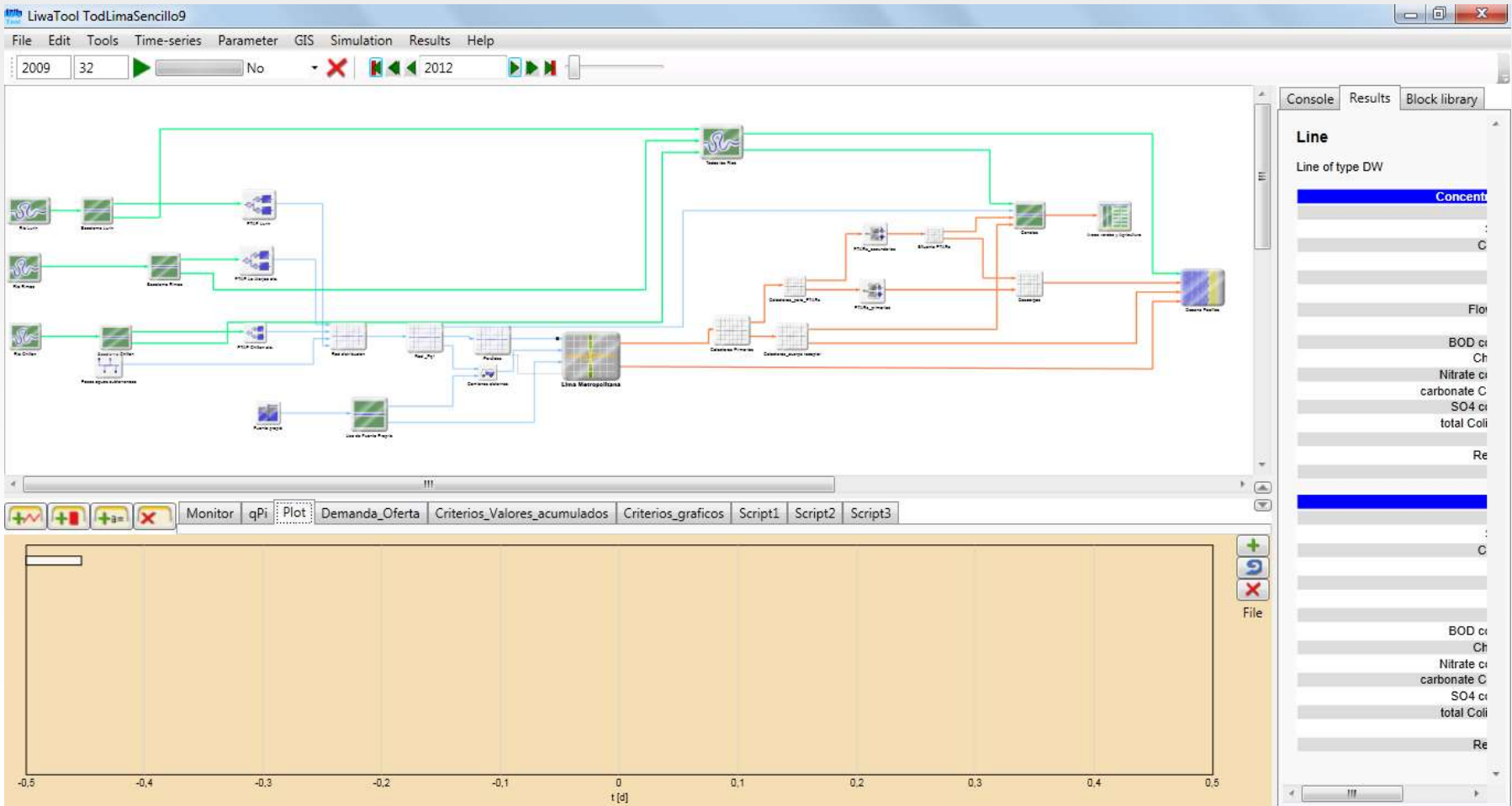
## Ya tenemos:

- ❑ **Escenarios**
  - Desarrollos futuros posibles
- ❑ **Descripción del sistema: Modelo en computador: “LiWatool”**
- ❑ **Medidas potenciales**
  - Opciones para influenciar al sistema
  - Hay una multitud de opciones – cuáles implementar?

# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (1)



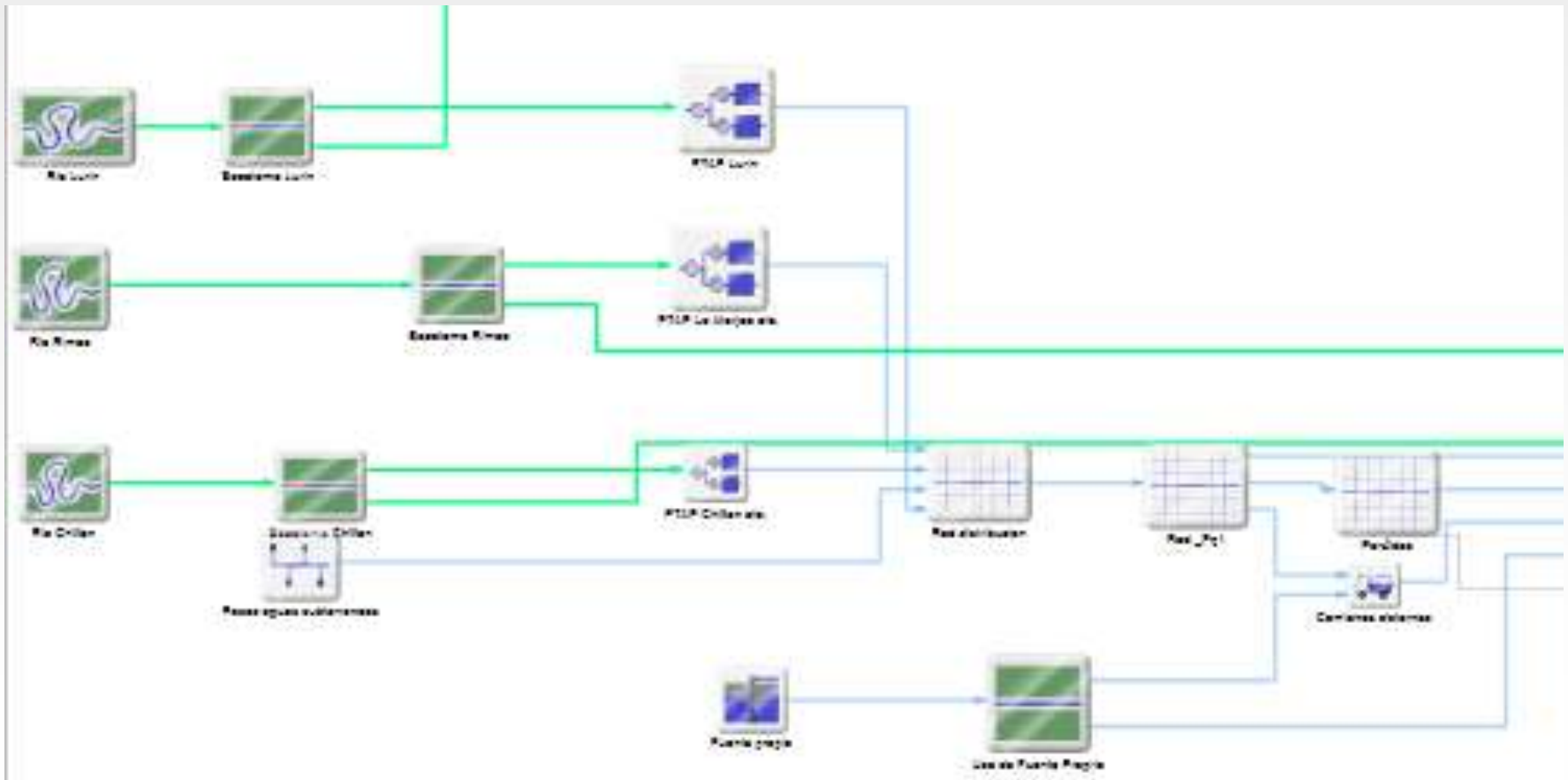
## □ Nueva versión de LiWatool



# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (2)



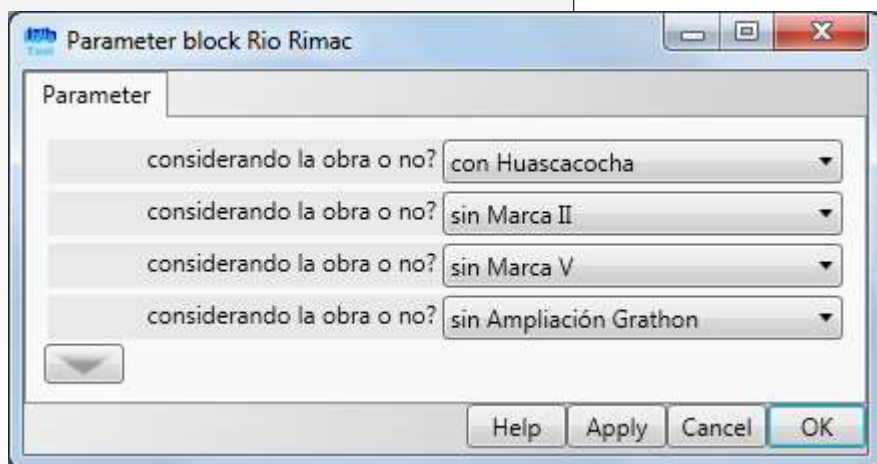
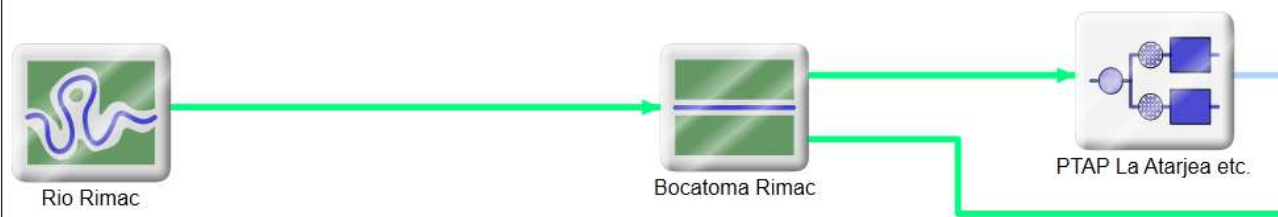
## Una parte del sistema: Fuentes de agua



# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (3)



## Una parte del sistema: Fuentes de agua (en detalle)

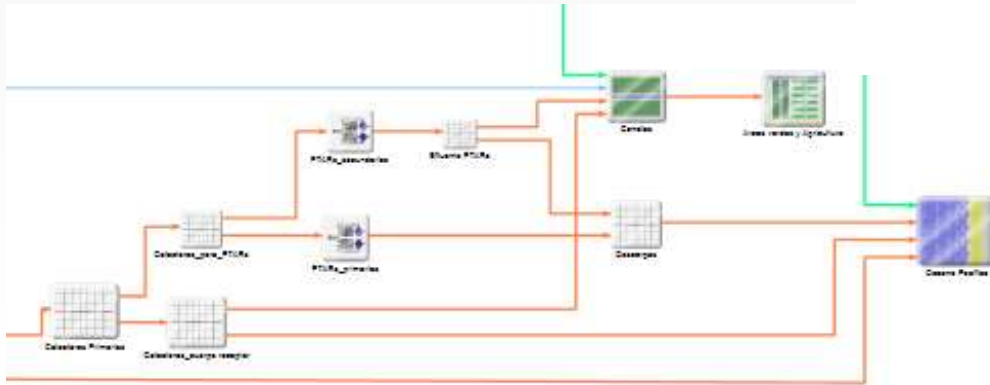
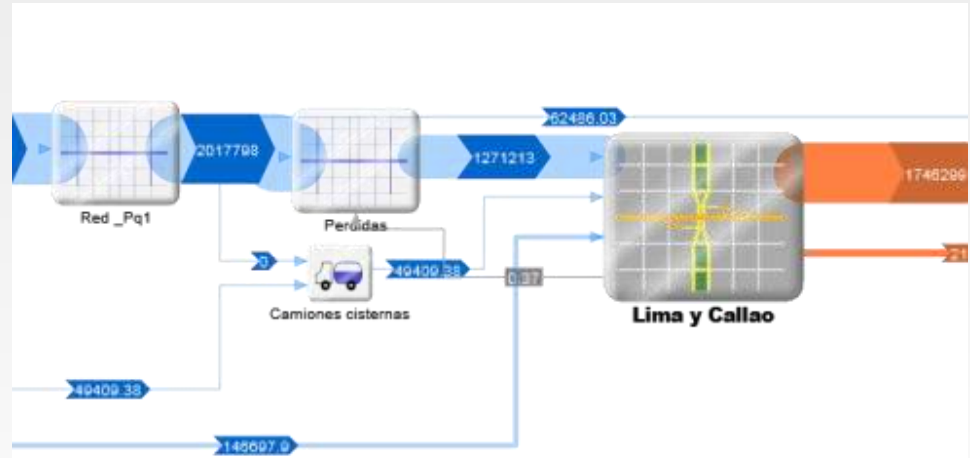


# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (4)



- Una parte del sistema: Ciudad y aguas residuales

Lima y Callao



Aguas residuales, tratamiento y reuso, y descarga al mar

# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (5)



## Una parte del sistema: PTAR

Parameter block PTARs\_primarias

Parameter: Ressource Parameter

Caudal maximo [m3/s] 0

considerando la obra o no? con PTAR Taboada/LaChira II Etaj

considerando la obra o no? sin planta adicional

Remocion SBOD [%] 90

Remocion XBOD [%] 90

Remocion XCol [%] 99,9999

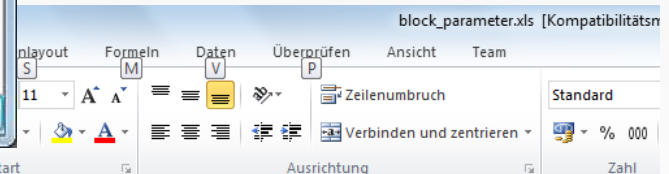
Remocion TSS [%] 85

Remocion Res [%] 0

Factor consumo energia [-] 1

Consumo de energia PTAR [kWh/m3] 0

Help Apply Cancel OK



	A1								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Blocktype: liwaBlocks.liwa_defaultBlock/ww_treatment_plant_simplified_state								
2			Qmax	alphaSBOD	alphaXBOD	alphaXCol	alphaTSS	alphaRes	OTP
3			Caudal maxii	Remocion SE	Remocion XE	Remocion XE	Remocion TS	Remocion Re	Obras y
4			m3/s	%	%	%	%	%	PEN
5	PTARs_primarias	0	35	35	99.9999	85	0		200000
6	PTARs_secundarios	2.8	87.93	90	99.9999	85	0		200000
7									
8									

Mediante un diálogo ...

... o por Excel

# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (6)



- Modelización más detallada de los bloques (e.g. riego)

The screenshot shows the 'Converter Model' window for 'channel\_irrigation\_4I\_1O\_PTAREffluente'. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Check), a description of the model, and a list of available flow definitions. The main area is divided into three sections: Inputs, Variables, and Outputs.

**Inputs:**

- I1
- I<sub>SBOD</sub>
- I<sub>XBOD</sub>
- I<sub>XCol</sub>
- I<sub>TSS</sub>
- I<sub>Res</sub>
- I<sub>Q</sub>
- I2
- I<sub>SCL</sub>
- I<sub>SNO3</sub>
- I<sub>CaCO3</sub>
- I<sub>SO4</sub>
- I<sub>XCol</sub>
- I<sub>Res</sub>
- I<sub>Q</sub>

**Variables:**

$qsum = I1_Q + I2_Q + I3_Q + I4_Q$

**State Variables:**

$qw1 = f(qw1) = (WD - I3_Q - I4_Q) \frac{PaP1}{PaP1 + PaP2}$

$qw2 = f(qw2) = \max(WD - I3_Q - I4_Q - I1_Q, 0)$

**Outputs:**

O1

$O1_{SBOD} = \frac{I1_{SBOD} I1_Q + I3_{SBOD} I3_Q + I4_{SBOD} I4_Q}{\max(I1_Q + I3_Q + I4_Q, eps)}$

$O1_{XBOD} = \frac{I1_{XBOD} I1_Q + I3_{XBOD} I3_Q + I4_{XBOD} I4_Q}{\max(I1_Q + I3_Q + I4_Q, eps)}$

$O1_{XCol} = 0$

$O1_{TSS} = \frac{I1_{TSS} I1_Q + I3_{TSS} I3_Q + I4_{TSS} I4_Q}{\max(I1_Q + I3_Q + I4_Q, eps)}$

$O1_{Res} = \frac{I1_{Res} I1_Q + I2_{Res} I2_Q + I3_{Res} I3_Q + I4_{Res} I4_Q}{\max(I1_Q + I2_Q + I3_Q + I4_Q, eps)}$

$O1_Q = qsum$

**demanda\_rios**

$demanda_{riego,rios} = qw1$

**demanda\_potable**

$demanda_{riego,potable} = qw2$

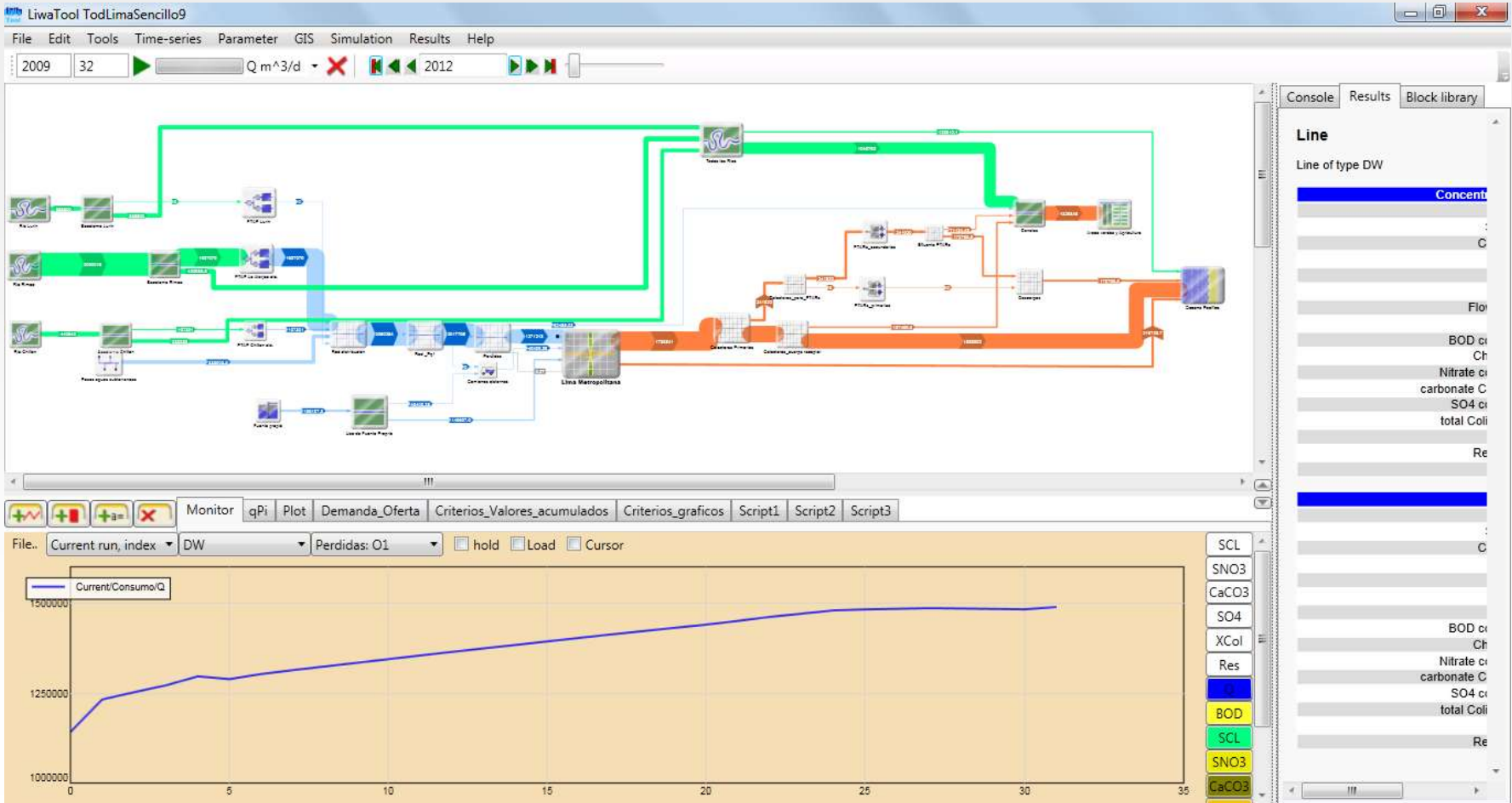
**Determinación automática de las fuentes**



# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (7)



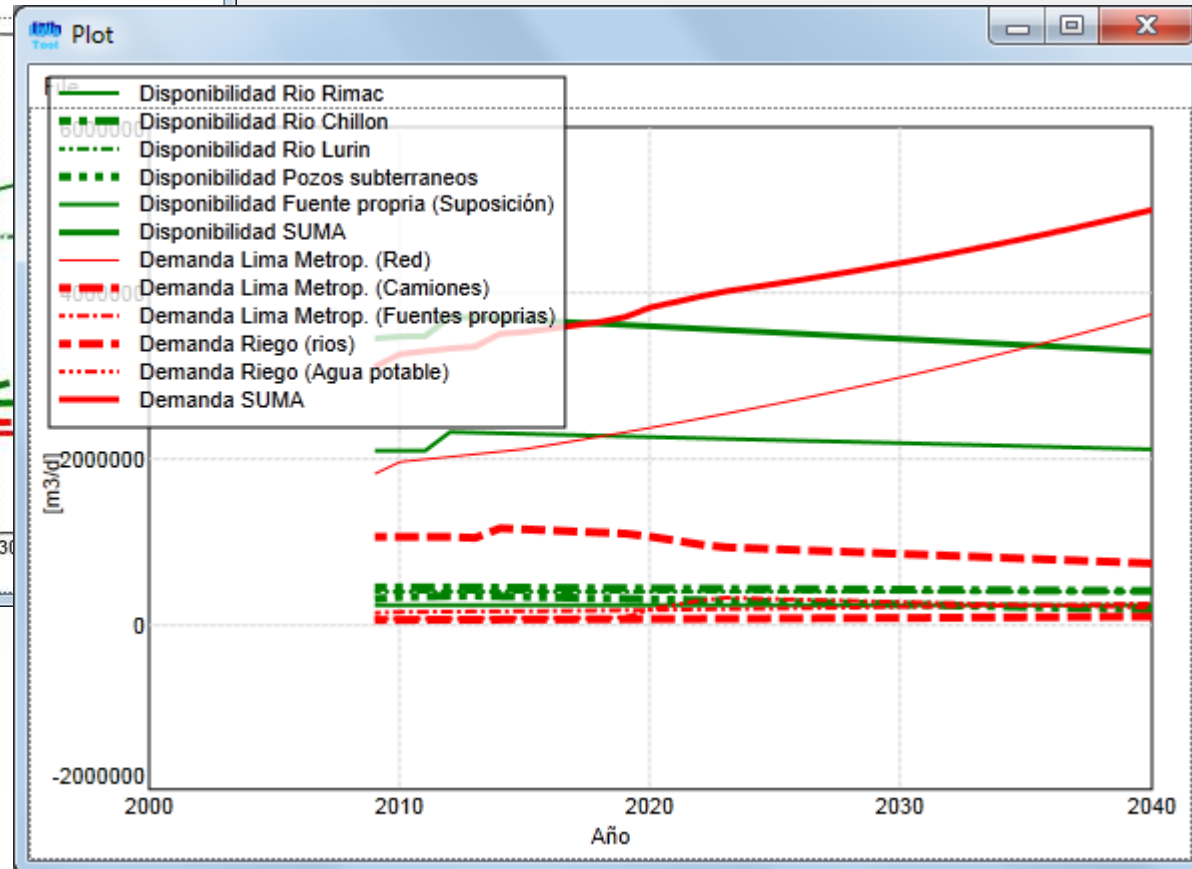
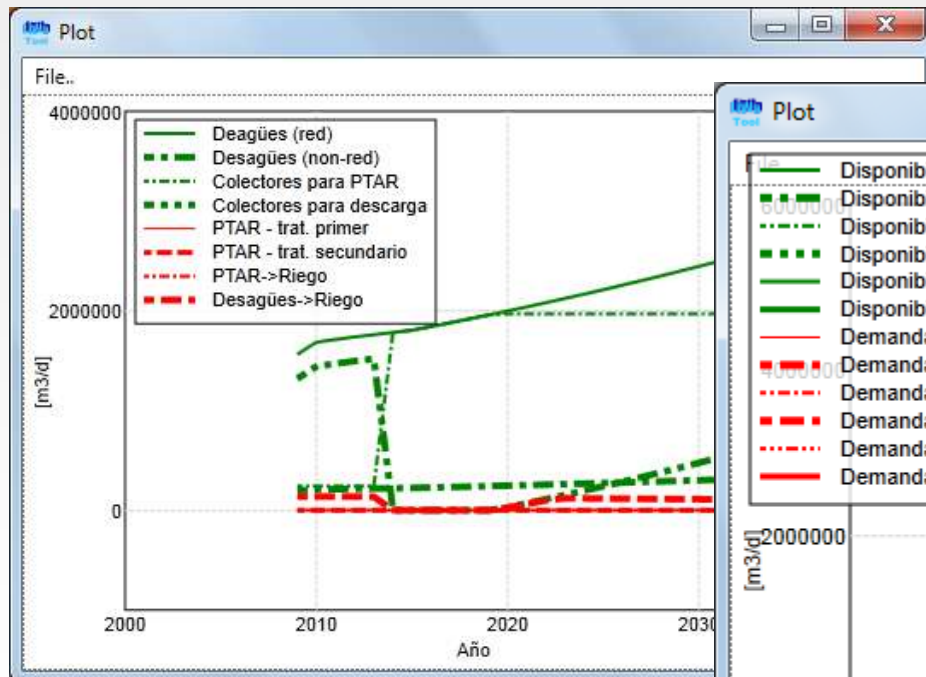
- Resultados por medio de diagramas Sankey y ...



# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (8)



□ ... gráficos y ...



# Simulador del sistema de aguas y desagües en Lima: “LiWatool” (9)



## □ ... valores numéricos

(aquí: suma de todo el período de simulación: 32 años)

Criterio	Valor	Unidad
Ingreso por tarifas	53245.571	millones PEN
Consumo de energía	12044.904	millones kWh
Desagües	26114.996	millones m <sup>3</sup>
Descarga DBO al mar	5826.057	tonadas DBO

# Que hacemos hoy?



- ❑ **Análisis de escenarios y medidas mediante discusión y simulación**
- ❑ **Si nos preparamos para todos los escenarios, estamos bien preparados para el futuro.**
- ❑ **Grupos de trabajo:**
  - ❑ Simulación de escenarios A y B1 en manera interactiva
  - ❑ Simulación de escenarios A y B1 en manera interactiva
  - ❑ Discusión “Infraestructura Ecológica”

## **El modelo calcula**

- Oferta de agua (cuanto hay?)
- Consumo y demanda de agua (cuanto queremos?)
- Caudales de agua (cuanto fluye?)

## **Criterios**

- Oferta/demanda de agua (hay agua suficiente?)
- Calidad de agua (en manera sencilla)
- Ingreso por tarifas
- Consumo de energía

## **No considera:**

- Costos de inversión
- Factibilidad de las medidas

- ❑ **No sabemos qué brindará en el futuro**

Por eso, tenemos que trabajar con suposiciones

- ❑ **Distribución espacial:** Esta versión del modelo es sencilla (todo Lima en un bloque). En esta no se considera distribución espacial. Entonces los resultados son más positivos que en realidad.

# Escenarios: „como será Lima en 2040?“

**Escenario A:**  
“Condiciones climáticas difíciles se suman a una gobernanza muy deficiente”

**Escenario B:**  
“La tragedia de las medidas aisladas”

**B1: La gestión de cuencas nadando contracorriente**

- Autoridad de las cuencas integradora y concertada
- Fuentes da agua aumentan

**B2: La empresa de agua privada como luchador solitario**

- Empresa de agua privada
- Tarifas sinceradas
- Reuso de aguas residuales aumenta

**Escenario C:**  
“Las oportunidades de los actores al nivel meso”

- Empresa de agua privada
- Autoridad de las cuencas integradora y concertada
- Tarifas sinceradas
- Cobertura constante
- Reuso de aguas residuales aumenta
- Fuentes da agua aumentan

**Escenario D:**  
“Resiliencia al clima por medio de la gobernanza”

# Modelización de los escenarios



## Descriptorios del sistema de agua

<b>Gobierno</b>	<b>Empresa de agua</b>	<b>Tarifas</b>	<b>Gestión de cuencas</b>	
				
<b>Demografía</b>	<b>Pobreza</b>	<b>Consumo</b>	<b>Pérdidas</b>	<b>Cobertura</b>
				
<b>Ciudad</b>	<b>Trat. y reuso aa.rr.</b>	<b>Infraestr. agua</b>	<b>Cambio climático</b>	
				



# Modelización de los escenarios

- Definición de series de tiempo mediante un archivo Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
GLOBAL	Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
GLOBAL	PEMm3	2,16	2,1816	2,204416	2,22545016	2,24770466	2,27018171	2,29288353	2,31581236	2,33897048	2,362246019	2,3856379	2,40914361	2,43374207	2,45842149	2,48318189
GLOBAL	Poblacion	8737949,18	8871430,18	9010330,97	9152497,75	9297310,36	9444131,55	9592215,35	974161,66	9979644,89	10179441,8	10383030,6	10590651,2	10802505,1	11018555,2	11237711,3
Lima Metrop	prctivafD	54,72	44	43,9	44	44	44	44	43,336	42,671	42,008	41,344	40,68	40,016	39,352	
GLOBAL	svfactor0	1	1	1	1	0,99642857	0,99283734	0,98928571	0,98571429	0,98214286	0,97857143	0,975	0,97142857	0,96785714	0,96428571	0,96071429
GLOBAL	PaFactor	1	1	1	1	1,00579151	1,01158301	1,01737452	1,02316602	1,02895753	1,03474903	1,04054054	1,04633205	1,05212355	1,05791506	1,06370657
Areas verde	Aagric	13600	13600	13600	13600	13400	13200	13000	12800	12600	12400	12200	12000	11800	11600	
Areas verde	Averde	3727	3727	3727	3727	3782	3837	3892	3947	4002	4057	4112	4167	4222	4277	
Lima Metrop	prctpotable	80,6	80,6	80,6	80,6	80,5793103	80,5586207	80,517931	80,5172414	80,4965517	80,4758621	80,4551724	80,4344828	80,4137931	80,3931034	80,3724137
PTARs	prim Qmax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PTARs	socur Qmax	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
Effluente	PT7 factorreuso	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	
Rio Rimac	Qriver	2090018	2090018	2090018	2090018	2082551,66	2075087,31	2067622,97	2060158,63	2052694,29	2045229,94	2037765,6	2030301,26	2022836,91	2015372,57	2007908,23
Rio Chillan	Qriver	440640	440640	440640	440640	439066,286	437492,571	435918,857	434345,143	432771,429	431197,714	429624	428050,286	426476,571	424902,857	423329,143
Pozos aguas	Qmax	345800	345900	345600	345600	339428,571	333257,143	327085,714	320914,286	314742,857	308571,429	302400	296228,571	290057,143	283885,714	277714,286
Lima Metrop	svfactor1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Areas verde	CPQ_factor_	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Red distrib	PaP1	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	78,695	
Red distrib	PaP2	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158	
Red distrib	PaP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Canales	PaP1	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	
Canales	PaP2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Rio Rimac	Qadadd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Descriptor

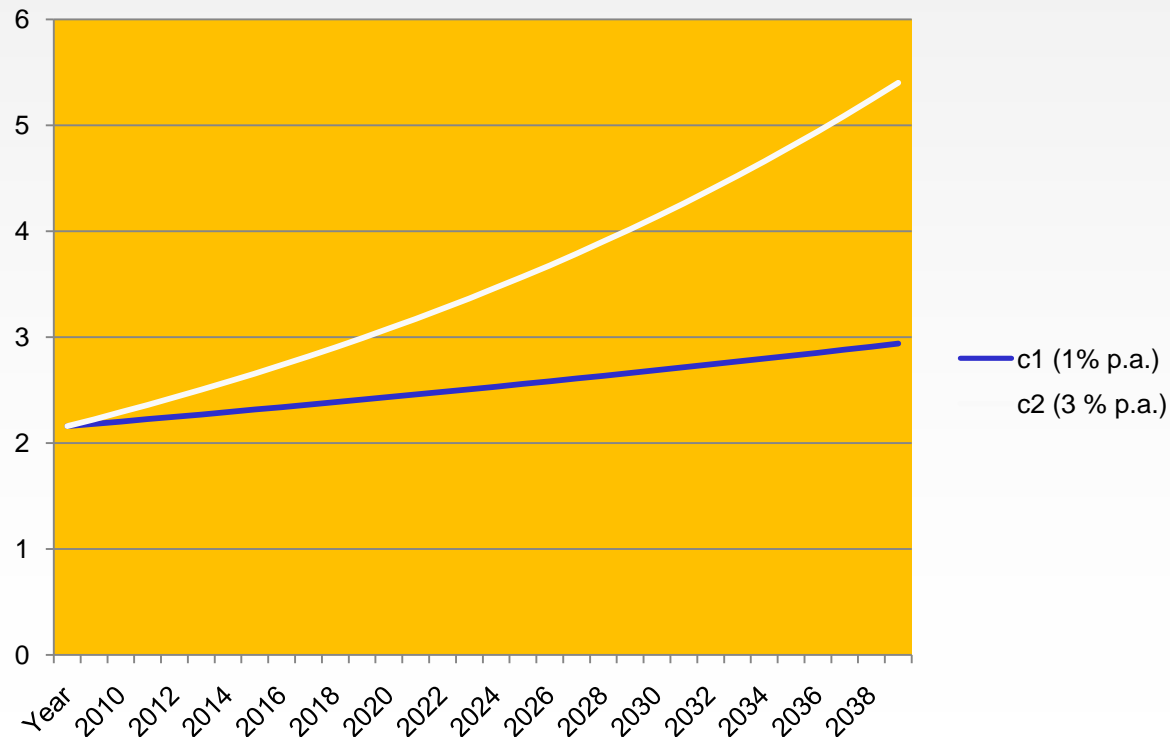
Medidas

# Cuantificación de los Descriptores (1)

## □ C (Tarifas):

„Incremento bajo“, „Incremento alto“

Incremento influye consumo de agua („Elasticidad“)

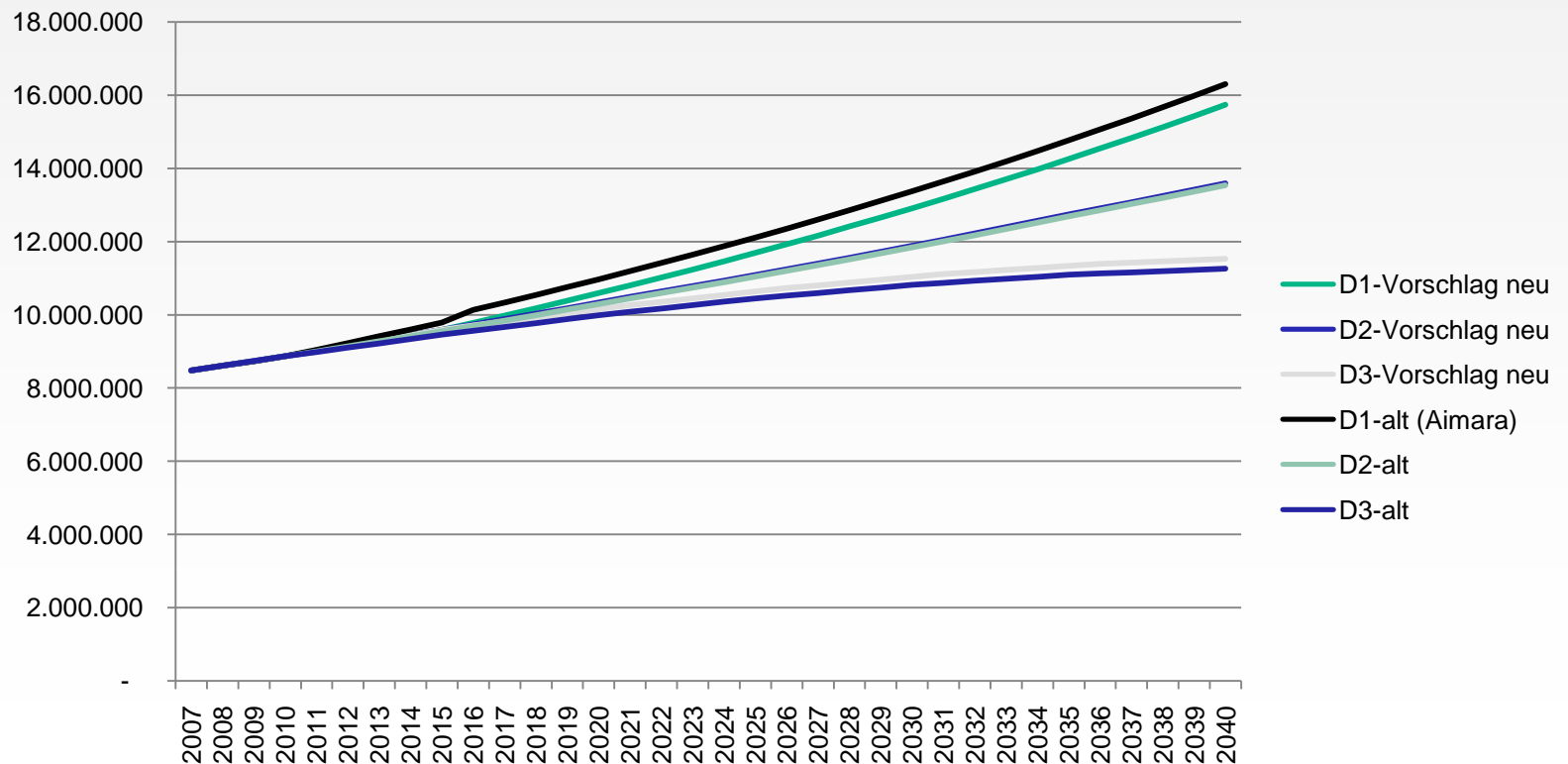


# Cuantificación de los Descriptores (2)



## □ D (Demografía)

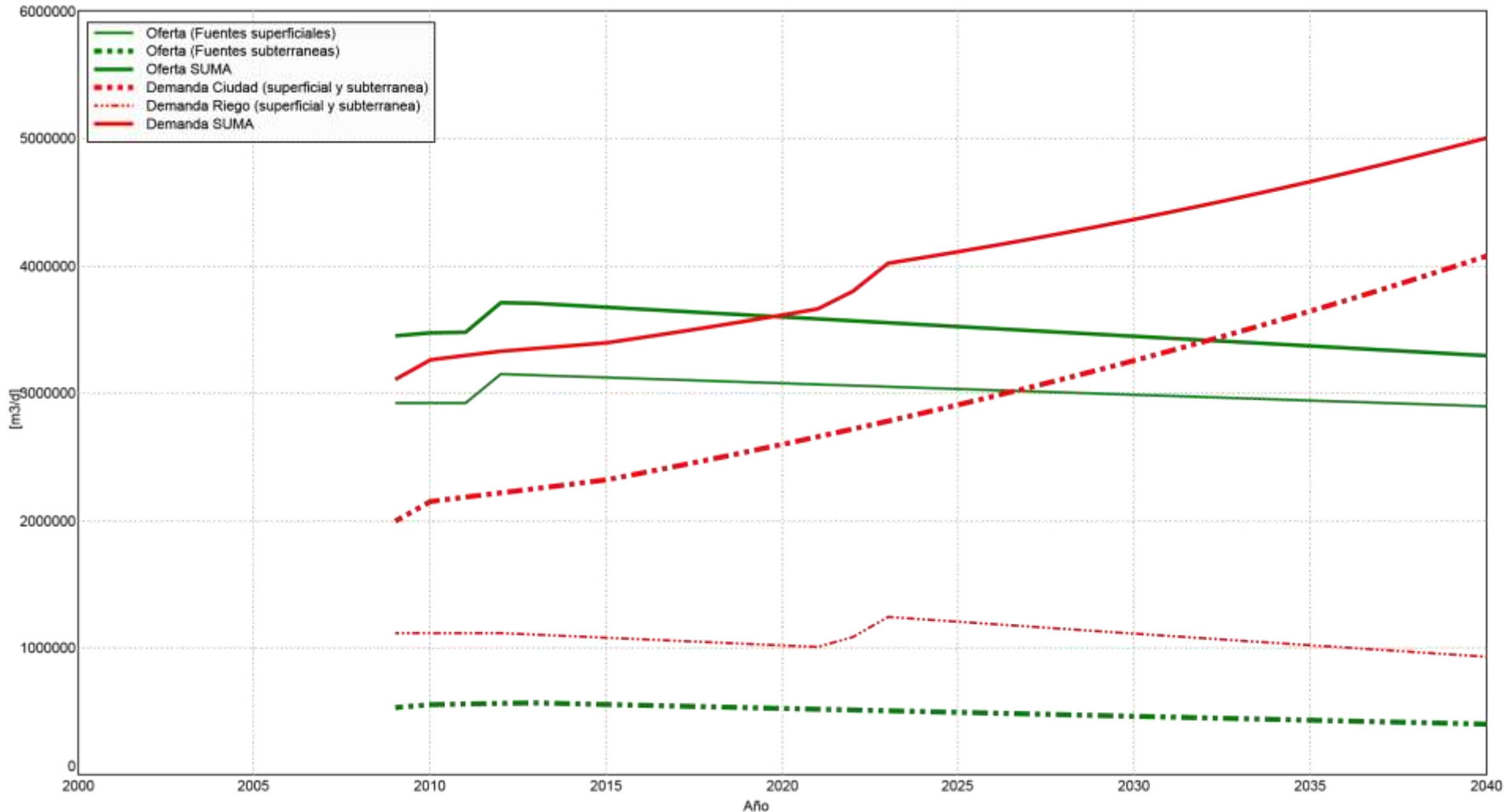
- Fuente: INEI, con modificaciones



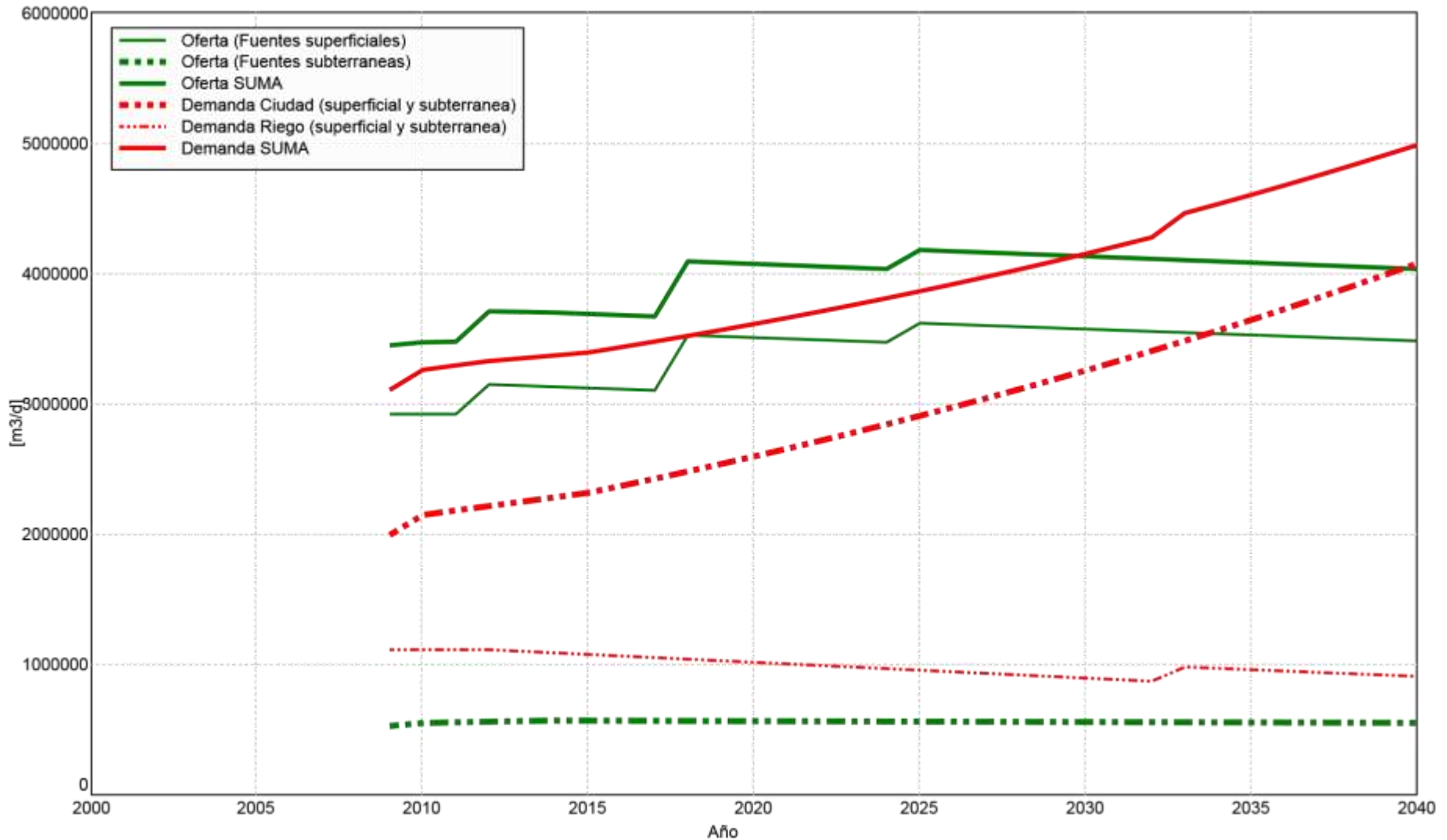
# Resultados SIN medidas: Escenario A



mas



# Resultados SIN medidas: Escenario B1



**MUCHAS GRACIAS!**

**SULPAYKI**

**THANK YOU!**

**VIELEN DANK!**

Project „LiWa“

[www.lima-water.de](http://www.lima-water.de)

[info@lima-water.de](mailto:info@lima-water.de)

**LiWa**