



## SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIONES

### **Título:**

**La Sectorización en la optimización de redes de distribución de agua  
potable**

### *Title*

**Sectorization in the optimization of drinking water distribution  
networks**

ING. Yobalis Ramírez Martínez,  
Aguas de La Habana, Cuba.  
yramirez@ahabana.co.cu



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

**Resumen:**

El presente trabajo pretende destacar la importancia de la Sectorización de Redes de Acueducto; como un programa de gran relevancia en la entrega, distribución y control de caudales, incrementando la eficiencia de la red mediante la regulación de la presión en las tuberías, la reducción de fugas, la instalación de válvulas de seccionamiento y la macro y micromedición de los Sectores Hidráulicos; con especial enfoque en el Sector Zona Baja de Playa, perteneciente al Sistema de Abasto Ariguanabo, que actualmente presenta las peores condiciones en cuanto a sus recursos hídricos.

Para el análisis hidráulico de la red de distribución se utilizó el software WaterGems V8i.

Para la determinación del porcentaje de fugas, y el estado de las redes existentes, se realizaron visitas técnicas a la zona de estudio, y se concilió la información con el Operador del Sistema.

Para la determinación del área del sector, se usó inicialmente la información brindada por el Departamento de Aguas no Registradas, y a partir de los resultados obtenidos de la modelación y calibración del modelo hidráulico, y de la determinación de objetivos específicos en el área, se realizaron modificaciones a la misma.

**Palabras Clave:** Sectorización; Sector Hidraulico; Acueducto.



**Abstract:**

*The present work tries to emphasize the importance of the Sectorization of Aqueduct Networks; as a program of great relevance in the delivery, distribution and control of flows, increasing the efficiency of the network through the regulation of the pressure in the pipes, the reduction of leaks, the installation of sectioning valves and the macro and micro measurement of the Hydraulic Sectors; with special focus on the Lower Beach Zone Sector, belonging to the Ariguanabo Supply System, which currently presents the worst conditions in terms of its water resources.*

*WaterGems V8i software was used for the hydraulic analysis of the distribution network*

*To determine the percentage of leaks, and the status of the existing networks, technical visits were made to the study area, and the information was reconciled with the System Operator.*

*To determine the area of the sector, the information provided by the Department of Unregistered Water was initially used, and based on the results obtained from the modeling and calibration of the hydraulic model, and the determination of specific objectives in the area, the modifications to it.*

**Keywords:** *Sectorization; Hydraulic Sector; Aqueduct.*



- **Problemática:** (breve descripción de la problemática).

Debido a las sequías prolongadas que ha sufrido, la Fuente de Abasto Ariguanabo presenta niveles desfavorables en sus pozos, por lo que se ve afectado el servicio de abastecimiento de agua potable a la población del oeste de la Ciudad de La Habana, que se abastece en su mayoría de este sistema.

- **Objetivo General:** Adaptar las redes existentes de una zona del municipio Playa, para constituir un Sector Hidrométrico.
- **Objetivos Específicos:**
  - Conocer la importancia de la concepción de los Sectores Hidrométricos en la optimización de redes de distribución de agua potable.
  - Conocer los criterios básicos para la concepción de Sectores Hidráulicos
  - Aplicar los criterios básicos al caso específico del Sector Zona Baja de Playa

- **Metodología:**
  - Estudios preliminares en la zona de interés.
  - Visitas de campo.
  - Modelación y simulación de redes hidráulicas.

- **Resultados y discusión:** (principales resultados obtenidos).

Se logra plasmar en un Proyecto de Ingeniería de Detalle la sectorización de un área enclavada en el municipio Playa, de La Habana, mediante la aplicación de lo establecido en la NC 969:2018

- **Conclusiones:** (principales conclusiones).
  - Mediante la Sectorización se obtiene un mejor control del caudal suministrado a los usuarios
  - Durante la ejecución de los trabajos definidos por el proyectista, se evidenciaron mejoras en el abasto en la zona



## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes:

La Fuente de Abasto Ariguanabo está ubicada al suroeste de la ciudad, en la cuenca hidrográfica del mismo nombre. Cuenta con 15 pozos, 13 de explotación y 2 de reserva, estando su operación totalmente automatizada. La conducción de las aguas es a través de una tubería de 48", que entrega a un tanque apoyado a partir del cual se realiza la distribución a los municipios La Lisa, Playa y parte de Marianao.

Actualmente, el sistema oeste presenta aproximadamente 621 litros por segundo de déficit de agua producida, y en estos momentos solo trabajan a plena capacidad siete de los equipos de bombeo que debieran operar en la Fuente, lo que ha incidido en la reducción de los horarios de suministro a los municipios que abastece.

El Oeste de la capital es una zona de gran interés turístico, con un desarrollo previsto a corto mediano y largo plazo, además de contar con una concentración de embajadas, residencias diplomáticas y de importantes instituciones económicas y sociales.

El Programa Hidráulico Nacional concibe la rehabilitación de las principales redes y conductoras del Sistema Oeste, la construcción de nuevas, la sectorización y el metraje, como vía para lograr el ahorro necesario, y así cubrir el incremento de las demandas de agua con vistas al 2030.

### 1.2 Aspectos que establece la NC 969:2018 sobre la Sectorización

**Los Sectores o zonas** son porciones de la red de distribución que pueden aislarse hidráulicamente mediante movimiento de válvulas; las mediciones de volúmenes de agua y otras informaciones generadas en ellos sirven para precisar el diagnóstico, detectar fugas, facilitar la eliminación de estas y optimizar el control de pérdidas de agua de una zona determinada.

**La Sectorización o zonificación** consiste en la delimitación hidráulica de las redes de distribución de agua potable y el cierre de sus mallas internas en sectores, o en sectores y circuitos con la finalidad de ejercer un mayor control operativo de parámetros tales como la presión, el caudal, continuidad y calidad del agua distribuida, la detección y eliminación de salideros, la nivelación de las presiones por áreas, y posibilita iniciar un programa de



control de agua no facturada. Esta delimitación permite crear sectores aislados unos de otros definidos en áreas cuyo tamaño estará en función de la topografía, la densidad de la población y la importancia de la red. Es sin duda un concepto de vital importancia si nos proponemos administrar un acueducto de manera eficiente.

### **1.3 Criterios básicos en la concepción de los sectores hidráulicos:**

1. El planeamiento de la sectorización deberá discutirse y aprobarse en el control donde se aprueban las ideas conceptuales del proyecto (Acta de Consejo Técnico).
2. El cálculo de la malla principal (esquelético) debe hacerse conjuntamente con la malla principal del sector, a la entrada del sector se colocarán válvulas, para poder igualar las presiones de entrada. Nunca regular en la malla principal.
3. Una primera sectorización de la red es la división del área de la misma en sectores con cotas topográficas similares y en pisos de presiones después.
4. Debe tratarse que el sector tenga la menor cantidad de entradas en operación, aun cuando por estas haya que dar el agua por horario. Estas entradas deberán estar en los puntos donde la cota topográfica sea la mayor.
5. Los conductos del sector podrán tocar a los de la malla principal o de cálculo (esquelético) solo en los puntos de entrada.
6. El coeficiente de uniformidad de presiones (CU) en el sector no podrá ser inferior a 0,82.
7. El índice de resiliencia en un sector no podrá ser inferior a 0,50 ni superior a 0,70.
8. El área de un sector podrá tener cualquier dimensión siempre que el índice de resiliencia este  $0,50 \leq I_r \leq 0,70$  y el coeficiente de uniformidad de las presiones CU sea superior a 0,82
9. El sector debe estar interconectado con los sectores vecinos por medio de la red de relleno y limitado por válvula, no debe nunca limitarse con cortes de tubería para evitar los problemas sanitarios que se provocan en el final de la red.

En las entradas en operación de cada sector se proyectará un registro pitométrico donde se puedan realizar todas las mediciones deseadas, si el inversionista o el operador del



acueducto no lo impugnan este registro deberá servir además para el envío de los datos a distancia.

## 2. Metodología

El proyecto de sectorización de la red partió del diagnóstico elaborado del sistema, tras él se realizaron acciones para ejecutarlo en campo:

- Elaboración del modelo de simulación hidráulica de la red.
- Conformación de los nuevos sectores para redistribuir los caudales presiones.
- Análisis y diseño de la red sectorizada.
- Ejecución en campo del proyecto de sectorización.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 El Sector Zona Baja de Playa

El presente caso de aplicación permite la adaptación de la red de distribución de agua potable de la zona en estudio a la **NC 969:2018**, en la cual se establecen los criterios básicos en la concepción de sectores hidráulicos.

El sector Zona Baja de Playa, está ubicado en el municipio Playa, Consejos Populares Ampliación de Almendares (75.7 %) y Querejeta-Cubanacán (24.3 %), y se abastece del Sistema Ariguanabo. Presenta una topografía llana y un clima cálido, natural de nuestro país y de la zona donde se emplaza, pues está limitado por las Calles 110 y 60; la Avenidas 5ta y la línea costera. Tiene una extensión de 95.54 ha.

Está compuesto por una población mixta, dividida entre pobladores de la zona con una población de aproximadamente 1387 habitantes, con un gasto a considerar es de 11.30 l/s, y una amplia esfera de instalaciones de servicios, entre los que destaca el gran crecimiento hotelero existente y previsto para la zona, para un total de 18 grandes consumidores, que se listan a continuación:



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

**Tabla 1.** Relación de los Grandes Consumidores existentes y futuros en el Sector.

<b>USUARIO</b>	<b>Consumo Promedio (L/s)</b>
<b>Proyección Futura</b>	
P.1- Hotel 1ra y 70	11.6
P.1B - Hotel 3ra y 70	1.2
P.1 A Parcela 2	6.9
Monte Barreto	4.6
Bella Vista Resorts S.A (Gran Caribe)	4.1
<b>Usuarios existentes</b>	
Hotel Comodoro	7.5
Hotel Four Points By Sheraton Havana	2.3
Hotel Meliá Habana	5.0
Hotel Occidental Miramar la Habana	3.8
Hotel Tritón	3.9
Hotel Neptuno	3.9
Hotel Habana Panorama	3.4
Hotel Starfish Monte Habana	1.0
Hotel Chateau Miramar by Be Live	0.6
Casa central de las FAR	11.1
Acuario Nacional	14.8
Centro de Negocios Miramar	1.28
Embajada Rusa	1.18
<b>Total</b>	<b>88.16</b>

Para la realización de este proyecto de sectorización, se partió de la revisión de los sectores hidrométricos propuestos por el departamento de Aguas no Registradas, en el cual, inicialmente en el área en la que se enmarcó el Sector, se habían planteado dos sectores; Isla de Coco, que estaba limitado por las Calles 146 y 84A y las Avenidas 11na y 9na i la



línea de costa; y el Sector Monte Barreto; limitado por las Calles 84A y 42, la Avenida 9na y la línea de costa.

Producto a nuevas inversiones que el INRH realizó en la zona, con el objetivo de dar cobertura a la nueva infraestructura proyectada en la zona, se decidió crear un nuevo Sector Hidrométrico, que permitiera controlar y estudiar los consumos en la zona, por lo que se definió la creación de un nuevo sector, bajo el nombre y limitado por las calles y avenidas que inicialmente se mencionaron lo que generó a su vez variaciones en las extensiones de los sectores aledaños.

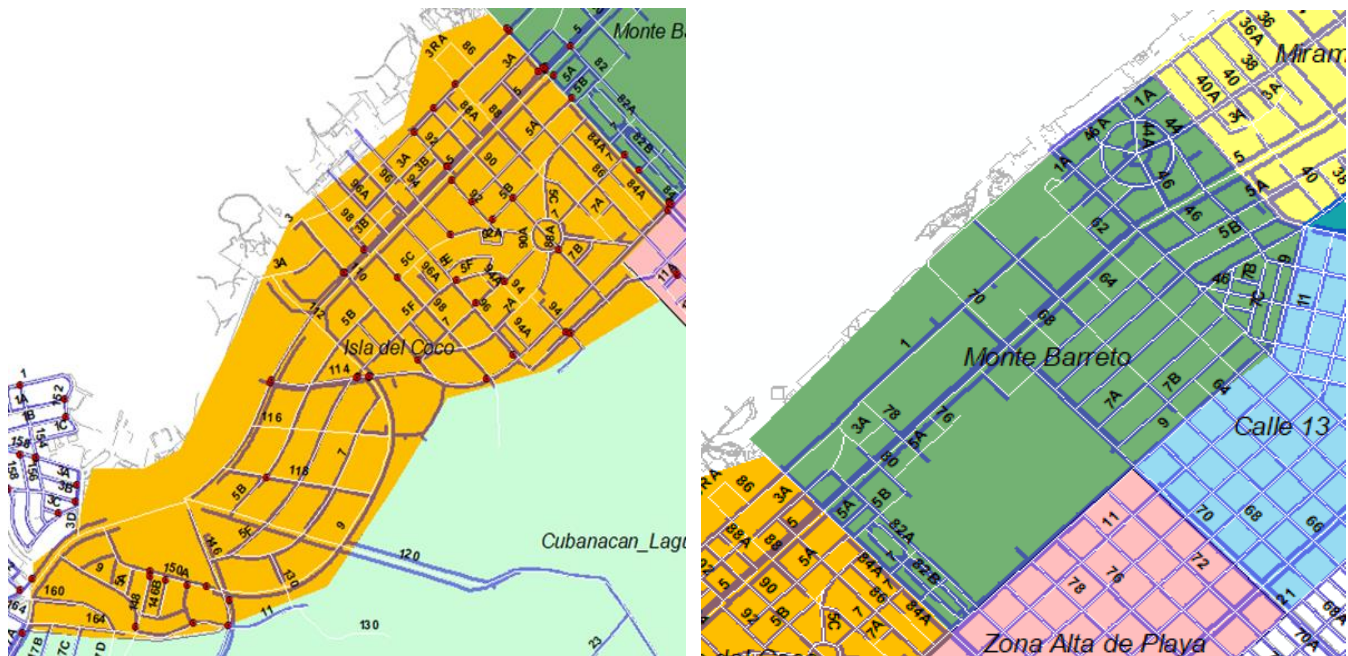


Figura 1. Sectores Isla del Coco y amonte Barreto, tomados como base para la concepción del nuevo Sector.

### 3.2 Elaboración del modelo de simulación hidráulica de la red.

Para la modelación hidráulica, el primer paso fue la actualización de las redes existentes mediante el ArcGis, y un intercambio con el operador de la zona, para conocer el estado de las mismas, a fin de sustituir las que presentaran fugas. Posteriormente, se utilizó el software WaterGems para la simulación de los caudales y presiones, tomando como referencia la información brindada por el Departamento de Planeamiento.



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

ID Nodo	Cota (m)	Presión (m H2O)			
			J-20	2,85	26,32
			J-57	2,81	26,36
			J-59	1,49	26,79
			J-73	1,24	26,80
			J-43	1,78	27,39
J-23	7,11	15,48	J-58	1,74	27,43
J-89	7,50	17,81	J-47	1,57	27,62
J-91	3,95	20,37	J-48	1,30	27,72
J-92	3,36	20,91	J-56	1,27	27,94
J-94	3,23	21,05	J-8	1,32	27,95
J-100	3,17	21,15	J-78	1,27	28,01
J-101	3,11	21,21	J-15	1,19	28,02
J-102	2,95	21,36	J-67	1,40	28,05
J-103	3,61	23,75	J-76	0,80	28,21
J-104	3,60	23,75	J-88	1,48	28,22
J-105	3,89	23,86	J-90	1,48	28,24
J-108	3,35	23,99	J-97	1,07	28,38
J-110	3,40	24,04	J-99	0,80	28,40
J-114	3,21	24,10	J-49	1,09	28,40
J-116	3,11	24,20	J-53	1,99	28,40
J-122	3,08	24,23	J-69	1,00	28,46
J-125	3,06	24,24	J-28	1,53	28,48
J-129	2,85	24,24	J-84	1,97	28,49
J-130	3,06	24,24	J-54	1,98	28,51
J-131	3,00	24,25	J-13	1,88	28,51
J-132	2,98	24,32	J-55	1,94	28,55
J-136	2,92	24,38	J-77	1,47	28,57
J-137	2,80	24,49	J-83	1,39	28,59
J-139	2,66	24,62	J-19	1,89	28,6
J-140	2,66	24,63	J-63	1,84	28,61
J-143	2,04	24,65	J-85	1,77	28,62
J-144	1,93	24,89	J-98	1,77	28,62
J-145	2,04	24,89	J-65	1,38	28,66
J-10	2,47	24,90	J-14	0,79	28,68
J-38	2,55	25,00	J-75	1	28,69
J-36	0,73	25,11	J-62	2,05	28,71
J-71	1,82	25,11	J-64	0,75	28,71
J-72	1,09	25,16	J-35	1,73	28,72
J-25	1,74	25,19	J-12	1,43	28,73
			J-111	1,65	28,74
			J-25	1,74	25,19
			J-22	3,97	25,21
			J-118	1,65	25,28
			J-30	1,63	25,31
			J-16	3,68	25,50
			J-17	0,80	25,67
			J-26	0,94	25,75
			J-44	0,91	25,76
			J-32	0,66	25,81
			J-79	0,95	25,99
			J-21	0,94	26,00
			J-34	0,76	26,18
			J-81	1,75	26,19
			J-7	1,70	26,21
			J-68	1,69	26,26
			J-70	0,65	26,29
			J-20	2,85	26,32
			J-57	2,81	26,36
			J-29	1,49	29,17
J-111	1,65	28,74	J-11	1,87	29,31
J-87	0,98	28,74	J-127	1,57	29,34
J-27	1,95	28,77	J-109	2	29,37
J-74	1,65	28,8	J-126	1,53	29,38
J-46	1,6	28,8	J-138	1,16	29,51
J-37	1,74	28,81	J-121	1,16	29,51
J-86	1,85	28,84	J-95	0,95	29,72
J-45	1,58	28,85	J-117	2,09	31,22
J-106	1,57	28,9	J-119	2	31,34
J-61	1,78	28,94	J-115	1,96	31,36
J-33	1,78	29,03	J-123	1,83	31,45
J-31	1,35	29,04	J-96	2	31,47
J-66	1,28	29,11	J-120	1,63	31,65
J-82	1,55	29,13	J-93	1,56	31,72
J-9	1,52	29,15	J-124	1,24	32,04
J-29	1,49	29,17	J-133	1,06	32,25

**Tabla 2.** Información de los nodos de consumo en la modelación del Sector.

El modelo permitió analizar a fondo el comportamiento de los parámetros hidráulicos, y de él aforó la necesidad de realizar mejoras dentro del sector, agregándole nuevas válvulas y conductos para un mejor funcionamiento:



### 3.3 Conformación de los nuevos sectores para redistribuir los caudales presiones.

Se subdividió el sector en dos circuitos (Circuito Población y Circuito Hotelero), mediante dos válvulas de cierre de circuito, ubicadas en Ave. 3ra y Calle 92; y en Ave 5ta y Calle 80. A

Si bien los sectores hidrométricos responden al gran objetivo futuro de suministrar agua 24 horas a todos los clientes, es sabido que, en las condiciones actuales de nuestras redes y sistemas de abasto, se hace necesaria la regulación de los horarios de servicio, por lo que esta diferenciación de circuitos dentro del sector, brinda la posibilidad de abastecer de forma independiente a la población residente en la zona y a la infraestructura hotelera y de otros tipos existente y futura.

### 3.4 Análisis y diseño de la red sectorizada.

#### 3.4.1 Uniformidad de Presiones

El **Coefficiente de Uniformidad** de presiones relaciona la presión sobre todos los nodos con la máxima presión encontrada en la red de distribución del sector. Este coeficiente no debe ser inferior a 0.82, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CU = \frac{\sum P_j}{n * \max[P_j]}$$

Donde:

P<sub>j</sub> - presión en cada uno de los nudos de la red

n - número de nudos en la red

En el caso del sector en estudio, existen 120 nodos de presión, las presiones se mueven en un rango de entre 15,48 y 32,25 MCA. (ver **Tabla T<sub>2</sub>**)

$$CU_{\text{Zona Baja de Playa}} = 0.84$$

El **Coefficiente de Uniformidad** del Sector cumple con lo establecido en la **NC 969:2018**.

#### 3.4.2 Índice de Resiliencia

El **Índice de Resiliencia** es una herramienta efectiva para evaluar la eficiencia energética de la red y la capacidad de un sistema de reaccionar y superar estados no normales como el incremento aleatorio de la demanda. Se considera que su umbral mínimo debe estar en 0,50. A partir de este valor se incrementan los costos asociados a la inversión en la red, por



tanto, se recomienda que el límite superior del índice no sea superior a 0,70, por un concepto económico.

El Índice de Resiliencia del sector se calcula de la siguiente forma:

$$I_r = \frac{\sum_1^n q_i (H_i - H^*)}{\sum_1^{ne} Q_e H_e + \sum_1^{nb} P_i - \sum_1^n q_i H_i}$$

Donde:

$q_i$  = caudal requerido en cada nodo en L/s.

$n$  = cantidad de nodos de la red o del sector de que se trate.

$H_i$  = cota piezométrica real en el nodo  $i$  en m.

$H^*$  = cota piezométrica de diseño (requerida) en el nodo  $i$  en m.

$Q_e$  = caudal entregado desde el embalse  $i$  hacia la red o el sector de que se trate en L/s.

$H_e$  = cota piezométrica en el embalse  $i$  en m.

$ne$  = número de embalses que abastecen a la red.

$nb$  = número de estaciones de bombeo que alimentan la red.

$P_i$  = potencia suministrada desde la estación de bombeo  $i$  a la red (W/kg). Esta potencia puede representarse por el valor de  $Q \cdot H$  en el punto de entrada del caudal bombeado a la red de abasto, donde el caudal está en L/s y la cota piezométrica en el nodo de entrega en metros.

**$I_{R_{Zona Baja de Playa}} = 0.84$**

En este caso, a pesar de que el valor obtenido supera el rango sugerido, debe tenerse en cuenta que el sector es existente, por lo que las consideraciones relacionadas con el incremento de los costos son ignoradas.



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

ID Nodo	Cota (m)	Presión (m H2O)	Cota Piezométrica (Hi)	Demanda (L/s)	Cota Piezométrica de diseño (H*)	Hi-H*	qi*(Hi-H*)	qi*Hi
J-23	7,11	15,48	22,59	6,90	21,11	1,48	10,21	155,87
J-89	7,50	17,81	25,31	4,80	21,50	3,81	18,29	121,49
J-91	3,95	20,37	24,32	0,00	17,95	6,37	0,00	0,00
J-92	3,36	20,91	24,27	0,22	17,36	6,91	1,52	5,34
J-94	3,23	21,05	24,28	0,77	17,23	7,05	5,43	18,70
J-100	3,17	21,15	24,32	0,00	17,17	7,15	0,00	0,00
J-101	3,11	21,21	24,32	0,00	17,11	7,21	0,00	0,00
J-102	2,95	21,36	24,31	0,28	16,95	7,36	2,06	6,81
J-103	3,61	23,75	27,36	0,00	17,61	9,75	0,00	0,00
J-104	3,60	23,75	27,35	0,00	17,60	9,75	0,00	0,00
J-105	3,89	23,86	27,75	0,00	17,89	9,86	0,00	0,00
J-108	3,35	23,99	27,34	0,00	17,35	9,99	0,00	0,00
J-110	3,40	24,04	27,44	0,00	17,40	10,04	0,00	0,00
J-114	3,21	24,10	27,31	0,00	17,21	10,10	0,00	0,00
J-116	3,11	24,20	27,31	3,40	17,11	10,20	34,68	92,85
J-122	3,08	24,23	27,31	0,00	17,08	10,23	0,00	0,00
J-125	3,06	24,24	27,30	0,00	17,06	10,24	0,00	0,00
J-129	2,85	24,24	27,09	6,90	16,85	10,24	70,66	186,92
J-130	3,06	24,24	27,30	14,74	17,06	10,24	150,94	402,40
J-131	3,00	24,25	27,25	1,20	17,00	10,25	12,30	32,70
J-132	2,98	24,32	27,30	0,00	16,98	10,32	0,00	0,00
J-136	2,92	24,38	27,30	0,00	16,92	10,38	0,00	0,00
J-137	2,80	24,49	27,29	11,60	16,80	10,49	121,68	316,56
J-139	2,66	24,62	27,28	1,00	16,66	10,62	10,62	27,28
J-140	2,66	24,63	27,29	0,00	16,66	10,63	0,00	0,00
J-143	2,04	24,65	26,69	8,10	16,04	10,65	86,27	216,19
J-144	1,93	24,89	26,82	0,00	15,93	10,89	0,00	0,00
J-145	2,04	24,89	26,93	0,02	16,04	10,89	0,22	0,54
J-10	2,47	24,90	27,37	7,80	16,47	10,90	85,02	213,49
J-38	2,55	25,00	27,55	5,00	16,55	11,00	55,00	137,75
J-36	0,73	25,11	25,84	3,00	14,73	11,11	33,33	77,52
J-71	1,82	25,11	26,93	0,06	15,82	11,11	0,67	1,62
J-72	1,09	25,16	26,25	4,10	15,09	11,16	45,76	107,63
J-25	1,74	25,19	26,93	0,21	15,74	11,19	2,35	5,66
J-25	1,74	25,19	26,93	0,21	15,74	11,19	2,35	5,66
J-22	3,97	25,21	29,18	0,13	17,97	11,21	1,46	3,79
J-118	1,65	25,28	26,93	0,09	15,65	11,28	1,02	2,42
J-30	1,63	25,31	26,94	0,31	15,63	11,31	3,51	8,35
J-16	3,68	25,50	29,18	0,20	17,68	11,50	2,30	5,84
J-17	0,80	25,67	26,47	0,00	14,80	11,67	0,00	0,00
J-26	0,94	25,75	26,69	0,00	14,94	11,75	0,00	0,00
J-44	0,91	25,76	26,67	0,00	14,91	11,76	0,00	0,00
J-32	0,66	25,81	26,47	0,00	14,66	11,81	0,00	0,00
J-79	0,95	25,99	26,94	0,19	14,95	11,99	2,28	5,12
J-21	0,94	26,00	26,94	0,00	14,94	12,00	0,00	0,00
J-34	0,76	26,18	26,94	0,15	14,76	12,18	1,83	4,04
J-81	1,75	26,19	27,94	0,00	15,75	12,19	0,00	0,00
J-7	1,70	26,21	27,91	7,50	15,70	12,21	91,58	209,33
J-68	1,69	26,26	27,95	0,00	15,69	12,26	0,00	0,00
J-70	0,65	26,29	26,94	0,02	14,65	12,29	0,25	0,54
J-20	2,85	26,32	29,17	0,13	16,85	12,32	1,60	3,79
J-57	2,81	26,36	29,17	0,13	16,81	12,36	1,61	3,79



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

J-20	2,85	26,32	29,17	0,13	16,85	12,32	1,60	3,79
J-57	2,81	26,36	29,17	0,13	16,81	12,36	1,61	3,79
J-59	1,49	26,79	28,28	0,13	15,49	12,79	1,66	3,68
J-73	1,24	26,80	28,04	0,00	15,24	12,80	0,00	0,00
J-43	1,78	27,39	29,17	0,28	15,78	13,39	3,75	8,17
J-58	1,74	27,43	29,17	0,25	15,74	13,43	3,36	7,29
J-47	1,57	27,62	29,19	0,25	15,57	13,62	3,41	7,30
J-48	1,30	27,72	29,02	0,22	15,30	13,72	3,02	6,38
J-56	1,27	27,94	29,21	0,16	15,27	13,94	2,23	4,67
J-8	1,32	27,95	29,27	0,14	15,32	13,95	1,95	4,10
J-78	1,27	28,01	29,28	0,18	15,27	14,01	2,52	5,27
J-15	1,19	28,02	29,21	0,14	15,19	14,02	1,96	4,09
J-67	1,40	28,05	29,45	0,53	15,40	14,05	7,45	15,61
J-76	0,80	28,21	29,01	0,10	14,80	14,21	1,42	2,90
J-88	1,48	28,22	29,70	0,10	15,48	14,22	1,42	2,97
J-90	1,48	28,24	29,72	0,10	15,48	14,24	1,42	2,97
J-97	1,07	28,38	29,45	0,42	15,07	14,38	6,04	12,37
J-99	0,80	28,40	29,20	0,10	14,80	14,40	1,44	2,92
J-49	1,09	28,40	29,49	0,28	15,09	14,40	4,03	8,26
J-53	1,99	28,40	30,39	0,13	15,99	14,40	1,87	3,95
J-69	1,00	28,46	29,46	0,20	15,00	14,46	2,89	5,89
J-28	1,53	28,48	30,01	0,06	15,53	14,48	0,87	1,80
J-84	1,97	28,49	30,46	0,18	15,97	14,49	2,61	5,48
J-54	1,98	28,51	30,49	0,06	15,98	14,51	0,87	1,83
J-13	1,88	28,51	30,39	0,21	15,88	14,51	3,05	6,38
J-55	1,94	28,55	30,49	0,07	15,94	14,55	1,02	2,13
J-77	1,47	28,57	30,04	0,32	15,47	14,57	4,66	9,61
J-83	1,39	28,59	29,98	0,15	15,39	14,59	2,19	4,50
J-19	1,89	28,6	30,49	0,03	15,89	14,60	0,44	0,91
J-63	1,84	28,61	30,45	0,09	15,84	14,61	1,31	2,74
J-85	1,77	28,62	30,39	0	15,77	14,62	0,00	0,00
J-98	1,77	28,62	30,39	0,03	15,77	14,62	0,44	0,91
J-65	1,38	28,66	30,04	0,06	15,38	14,66	0,88	1,80
J-14	0,79	28,68	29,47	0	14,79	14,68	0,00	0,00
J-75	1	28,69	29,69	0,07	15,00	14,69	1,03	2,08
J-62	2,05	28,71	30,76	0,12	16,05	14,71	1,77	3,69
J-64	0,75	28,71	29,46	0,05	14,75	14,71	0,74	1,47
J-35	1,73	28,72	30,45	0,11	15,73	14,72	1,62	3,35
J-12	1,43	28,73	30,16	0,04	15,43	14,73	0,59	1,21
J-111	1,65	28,74	30,39	0,04	15,65	14,74	0,59	1,22
J-111	1,65	28,74	30,39	0,04	15,65	14,74	0,59	1,22
J-87	0,98	28,74	29,72	0,07	14,98	14,74	1,03	2,08
J-27	1,95	28,77	30,72	0,12	15,95	14,77	1,77	3,69
J-74	1,65	28,8	30,45	0,06	15,65	14,80	0,89	1,83
J-46	1,6	28,8	30,40	0,25	15,60	14,80	3,70	7,60
J-37	1,74	28,81	30,55	0	15,74	14,81	0,00	0,00
J-86	1,85	28,84	30,69	0,14	15,85	14,84	2,08	4,30
J-45	1,58	28,85	30,43	0,23	15,58	14,85	3,42	7,00
J-106	1,57	28,9	30,47	0	15,57	14,90	0,00	0,00
J-61	1,78	28,94	30,72	0,07	15,78	14,94	1,05	2,15
J-33	1,78	29,03	30,81	0,07	15,78	15,03	1,05	2,16
J-31	1,35	29,04	30,39	0,02	15,35	15,04	0,30	0,61
J-66	1,28	29,11	30,39	0,03	15,28	15,11	0,45	0,91
J-82	1,55	29,13	30,68	0,19	15,55	15,13	2,87	5,83
J-9	1,52	29,15	30,67	0,21	15,52	15,15	3,18	6,44
J-29	1,49	29,17	30,66	0,19	15,49	15,17	2,88	5,83
J-29	1,49	29,17	30,66	0,19	15,49	15,17	2,88	5,83
J-11	1,87	29,31	31,18	0,2	15,87	15,31	3,06	6,24
J-127	1,57	29,34	30,91	0,36	15,57	15,34	5,52	11,13
J-109	2	29,37	31,37	0,18	16,00	15,37	2,77	5,65
J-126	1,53	29,38	30,91	0,21	15,53	15,38	3,23	6,49
J-138	1,16	29,51	30,67	0,04	15,16	15,51	0,62	1,23
J-121	1,16	29,51	30,67	0,04	15,16	15,51	0,62	1,23
J-95	0,95	29,72	30,67	0,02	14,95	15,72	0,31	0,61
J-117	2,09	31,22	33,31	0,3	16,09	17,22	5,17	9,99
J-119	2	31,34	33,34	0,07	16,00	17,34	1,21	2,33
J-115	1,96	31,36	33,32	0,48	15,96	17,36	8,33	15,99
J-123	1,83	31,45	33,28	0,58	15,83	17,45	10,12	19,30
J-96	2	31,47	33,47	0	16,00	17,47	0,00	0,00
J-120	1,63	31,65	33,28	0,02	15,63	17,65	0,35	0,67
J-93	1,56	31,72	33,28	0,21	15,56	17,72	3,72	6,99
J-124	1,24	32,04	33,28	0,22	15,24	18,04	3,97	7,32
J-133	1,06	32,25	33,31	0,11	15,06	18,25	2,01	3,66

**Tabla 3.** Datos y factores utilizados para el cálculo de CU e IR en el Sector



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

De forma general, el área definida por el proyectista cumple con los parámetros técnicos para considerarse un sector hidrométrico, por lo que se define como tal, con determinadas adecuaciones en la composición de sus redes hidráulicas, a fin de hacer cumplir los establecido en la Norma:

- Fueron proyectadas dos válvulas de cierre de sector ubicadas en Ave 1ra-A y Calle 60, las cuales, complementadas con las válvulas existentes de cierre de sector, garantizan la independencia del mismo y evitan que las aguas de sectores aledaños se mezclen.
- Para garantizar la uniformidad en las presiones dentro del sector, y evitar el estancamiento del agua en puntos finales, se decidió proyectar el trazado de 665 metros de tubería de PEAD DN 110 mm por Calle 88 e/ Ave 5ta y Ave 3ra-A, y 3ra-A e/ Calle 88 y Calle 98.
- Se propuso el trazado de tubería de PEAD DN 110 mm por Calle 60 e/ Ave 3ra y Ave 1ra, y por Ave 1ra e/ calle 60 y Calle 70. En este último tramo, debido a la existencia de un puente elevado, se definió el uso de tubería de acero de 4" de diámetro, la cual irá sujeta al puente.
- Para controlar el correcto funcionamiento del sector, fueron proyectadas dos tomas de presión en puntos críticos del mismo, en los cuales será posible realizar mediciones y evaluar parámetros hidráulicos.
- A solicitud del operador del sistema, se decidió ampliar el conducto de entrada a la Casa Central De Las FAR, sustituyendo la tubería existente de 2", por otra de PEAD DN-110 mm
- Se proyectaron 65 acometidas, asociadas a los nuevos conductos proyectados, de ellas 13 (20%) de Ø-20mm, 26 (40%) de Ø-25mm y 26 (40%) de Ø-32mm. Además, para el completamiento del metraje de la zona será necesario colocar 353 acometidas más, de ellas 70 (20%) de Ø-20mm, 213 (60%) de Ø-25mm y 70 (20%) de Ø-32mm.
- La Micromedición del Sector está ubicada en Calle 112 y Ave 5ta.

Se adjuntan a la presente documentación el plano de Planta General y el Esquema de Modelación del Sector.



### **3.5 Ejecución en campo del proyecto de sectorización.**

#### *3.5.1 Presupuesto*

Para la elaboración de los Presupuestos se empleó el Software Preswin versión 7.4, utilizando la Base de Datos de PRECONS II.

Para la ejecución del presente proyecto se estima un Costo total de \$ 745 216

Para la programación realizada en proyecto se ha considerado un tiempo de ejecución de la obra de aproximadamente 38 días.

### **3.6 Conclusiones y recomendaciones dadas por el proyectista.**

1. Todos los trabajos de preparación y construcción de la obra se llevarán a cabo de acuerdo a lo planteado en este proyecto, y a las normas y regulaciones para la construcción vigentes en el país.
2. La ejecución de cada una de las unidades de obra y los materiales que se empleen en la construcción de la misma estarán de acuerdo con lo que en cada caso dispone la NC 969: 2018.
3. Todas las piezas de PEAD a colocar soportarán presiones de hasta 60 MCA (PN 6), y las piezas metálicas hasta 100 MCA (PN 10).
4. Para el cruce del paso elevado, se definió el uso de tubería de acero de 4", la cual se sujetará a las barandas del mismo mediante anclajes de abrazadera tipo planchuelas, fijadas con tornillos expansores.
5. Las válvulas de cierre de sector deberán permanecer cerradas.
6. Las válvulas de cierre de circuito podrán estar abiertas o cerradas, según lo disponga el operador del sistema.
7. Se conectarán a los conductos proyectados un total de 65 acometidas de 20, 25 y 32 mm.
8. El rehincho manual se realizará con material de préstamo, mientras que para el mecanizado se utilizará el material propio de la excavación, siempre que este sea adecuado para ello. De lo contrario se traerá también de canteras de préstamo.





9. Para los cálculos de los volúmenes de movimiento de tierra se consideró sección rectangular, con ancho de zanja 0.41 m.
10. Antes de poner en servicio todos los conductos proyectados, estos serán desinfectados con hipoclorito de sodio conjuntamente con las piezas de conexión y válvulas.
11. En el momento de la concepción del proyecto, no se contó con la información de las redes soterradas no propias (OBE, EGM, ETECSA, DSERTOT, etc.; estas serán anexadas en cuanto sean adquiridas por el proyectista.
12. Para la ejecución de los trabajos deberá contarse con la debida coordinación de la empresa con las entidades anteriormente mencionadas y la presencia de los representantes de cada una de ellas en el lugar de desarrollo de este proyecto.
13. **De ser necesaria cualquier modificación en el proyecto, está se realizará en obra, previa consulta con el Proyectista; y se llevarán a cabo en los Controles de Autor.**

### 3.7 Resultados

Por motivos de fuerza mayor, el Sector Zona Baja de Playa actualmente no se encuentra totalmente aislado, No obstante, ya se visualizan las mejoras en el abasto, incluso aguas debajo de la zona en estudio, pero aún quedan trabajos de terminación por realizar:

- Válvula de cierre de circuito ubicada en Ave 5ta y Calle 80.
- Registros para el control de los parámetros hidráulicos proyectados, en Ave. 3ra e/ Calle 60 y Calle 62, y Calle 80 e/ Ave 5ta y Ave 5ta-A.
- Cierre de válvulas que conectan los conductos Norte y Sur de 5ta Avenida, para hacer efectiva la micromedición del Sector.

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a los resultados antes presentados, el estudio del Sector Zona Baja de Playa como pionero de los Sectores Hidrométricos proyectados, servirá como principal base para la sectorización de todas las redes de abasto del Sistema Ariguanabo, y de la Ciudad de La Habana, como principio para el control y la gestión de los recursos hídricos, y su manejo y uso razonable.



Con la propuesta de los circuitos diferenciados, se obtiene un mejor control del caudal suministrado a los usuarios, y la posibilidad de hacerlo en horarios y condiciones distintos.

Los objetivos planteados fueron cumplidos, al lograr conocer los criterios básicos para la concepción de Sectores Hidráulicos y aplicar los mismos al caso específico del Sector Zona Baja de Playa

Como recomendación principal, y exigencia del proyectista, se deben ejecutar todos los objetos de obra concebidos en el proyecto, para una completa evaluación del Sector Hidrométrico.

- Implementación de un programa de supervisión para verificar que las válvulas de cierre de sector existentes se encuentren en buen estado, y de lo contrario realizar la sustitución de las mismas.
- Una vez funcionando como sector, se deberán detectar y eliminar las fugas propias del incremento de presiones y/o que no fueron detectadas por el operador y el proyectista.
- En la medida de lo permisible, disminuir y eliminar paulatinamente los turnos de abasto y otras alteraciones en el servicio brindado.
- Una vez se verifique la totalidad de las acciones para la concepción del Sector, con una mayor información y recopilación de datos, se realice nuevamente la simulación del sistema para verificar los resultados.

## **5. Referencias bibliográficas**

TTP- 667:2020 Conductoras por 5ta y 5taF desde 146 hasta 60 para la mejora del servicio a zona Baja de Playa.

NC 971: 2013 Requisitos de alcance y contenido de los servicios técnicos para inversiones de acueducto.

NC 969: 2013 Tuberías presurizadas de Polietileno revisión 2018 – Especificaciones para cálculo, diseño, transportación, manipulación, almacenamiento y colocación.

Instrucción No. 7 / 2005 – Metodología de formación de tarifas y sus componentes en pesos convertibles, máximos, para los servicios técnicos de proyección, ingeniería, investigaciones ingenieras aplicadas a la construcción y otros servicios técnicos - Ministerio de Finanzas y Precios.



**Convención 2021**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**  
**TÍTULO**

Decreto 327 Reglamento del Proceso Inversionista.

Resolución No. 214-2003 – Aplicación de listas de tarifas horarias de mano de obra y de costos horarios de uso de equipos. – Ministerio de Finanzas y Precios.

NC 7: 2017: Barras de acero para refuerzo de hormigón. Requisitos.

NC 46: 2017: Construcciones sismo resistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción.

NC 120: 2014 Hormigón hidráulico – Especificaciones.

NC 167: 2002 Hormigón Fresco. Tomas de muestras.

NC 207: 2003: Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón.

NC 247: 2010. Bloques huecos – especificaciones.

NC 250: 2005: Requisitos de durabilidad para el diseño y construcción de edificaciones y obras civiles de hormigón estructural.

NC 251: 2013. Áridos para hormigones hidráulicos - Requisitos.

NC 283: 2003 Densidad de materiales naturales, artificiales y de elementos de construcción como carga de diseño.

NC 284: 2003 Edificaciones. Cargas de uso

NC 293: 2006. Código de buenas prácticas para el curado del hormigón.

NC 482: 2006. Código de buenas prácticas para la compactación del hormigón.

NC 656: 2008. Mortero Estructural-Especificaciones. Preparación y aplicación.

NC 657: 2008. Áridos para morteros de albañilería - Especificaciones.