

Dragado y protección del canal de acceso a la Marina Tarará

CARIDAD LA ROSA MARIÑO (*); RAFAEL ARCÍS SORIANO (**); ARNALDO CARRASCO GARCÍA (*)

RESUMEN Este artículo muestra el estudio realizado con el objetivo de incrementar la capacidad de atraques de la Marina Tarará. Esta Marina está localizada en la costa norte de Cuba, cerca de la ciudad de La Habana.

El proyecto de dragado del canal de acceso así como los estudios de campo previos para la determinación de los parámetros de diseño se exponen junto a las propuestas de dicho canal. Todos los diseños fueron hechos mediante modelos numéricos y están soportados por análisis económicos y constructivos.

DREDGING OF THE CHANNEL OF THE MARINA TARARA

ABSTRACT This paper shows the study done in order to increase of berth capacity of Marina Tarará. It is located at the north coast of Cuba, near of Havana City.

The dredging project of the access channel and the previous field studies for determination of the designer parameters are exposed here, as such as the proposal for the protection of the channel. All designs were done by experimentation with numerical models and supported by economic and construction analysis.

Palabras clave: Marina Tarará; Cuba; Atraques; Dragado.

1. INTRODUCCIÓN

Para la proyección futura del turismo en Cuba, se requiere crear una diversidad de infraestructuras de apoyo a los servicios a brindar. La Marina Tarará en la costa norte de Cuba y a 15 km de Ciudad de La Habana, es un puerto deportivo que hasta el momento brindaba servicios de atraque hasta un número de 25 embarcaciones.

Debido a las características naturales del lugar, así como a las facilidades existentes en tierra, esta Marina, reúne las características básicas para convertirse en una instalación que posibilite el arribo de embarcaciones de mayor porte.

Las premisas generales que justifican la ampliación de esta Marina son:

1. La cercanía a la Ciudad de La Habana hacia el oeste y de un complejo turístico de playas hacia el Este.
2. La ubicación de la Marina en una costa abierta al Estrecho de la Florida, es ruta obligada de la mayoría de las embarcaciones que se mueven entre USA, América Latina y el Caribe (Fig. 1)

2. SITUACIÓN ACTUAL

La Marina Tarará está situada en una pequeña ensenada, al fondo se encuentra una playa encajada de unos 120 m de longitud. Las riberas de la ensenada son bajas, acantiladas

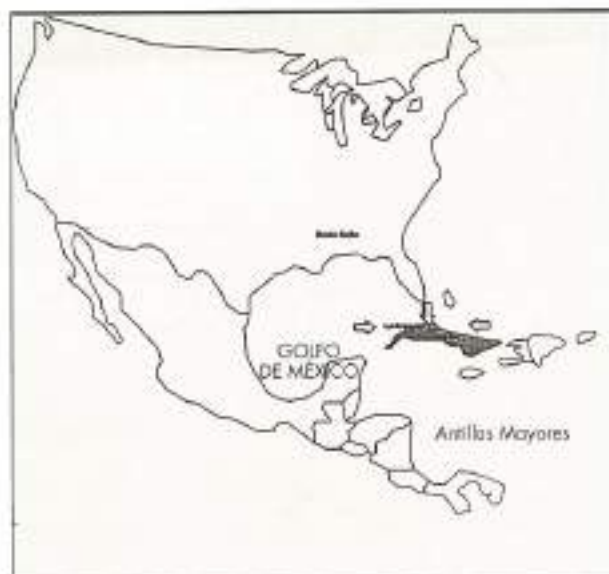


FIGURA 1. Diferentes rutas de navegación de embarcaciones turísticas.

y rocosas, orientadas hacia el N, con alturas de 1-2 m sobre el N.M.M.

Para el acceso a la dársena interior existe un sinuoso canal de unos 3,5 m de ancho en su parte más estrecha, el cual permanece la mayor parte del año con muy bajas profundidades, dependiendo de los procesos de acumulación de sedimentos que caracterizan la zona.

(*) Ingeniero Civil CIMAB.

(**) Especialista Oceanógrafo CIMAB.

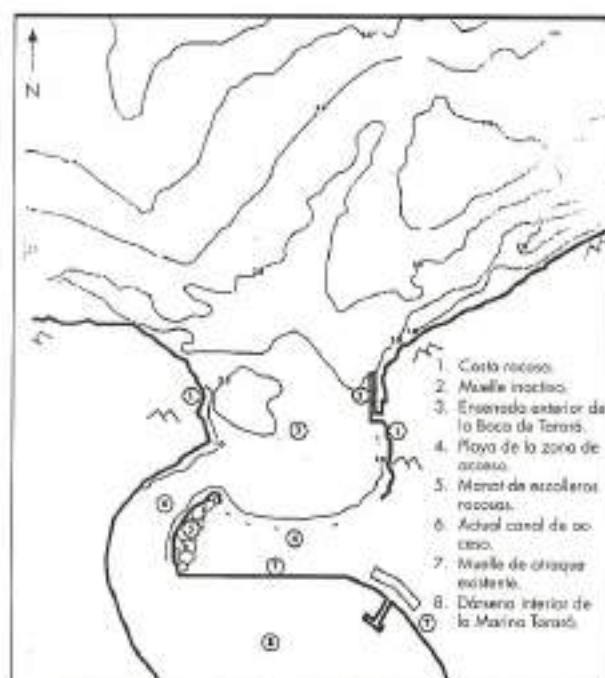


FIGURA 2. Situación actual de la Marina Tarará.

La dársena interior es un área con profundidades entre 3.0 y 4.0 m logradas mediante trabajos de dragado. Los atraques existentes están ubicados a la entrada de esta dársena por la banda de fondo de la playa (Fig. 2).

En toda la zona de acceso a la Marina existe un gran depósito sumergido de arena con espesores que superan los 15 m en determinadas áreas.

En la actualidad este puerto deportivo presenta las siguientes limitaciones:

- Restricciones de la eslora y calado de las embarcaciones a menos de 15 m de largo y 1,5 m de calado, acumulación de arena en su dársena exterior, la no delimitación clara de un canal de acceso, y una dársena exterior abierta a los oleajes del N y NE.

Se ha previsto ampliar las posibilidades de admisión de la Marina hasta un total de 150 embarcaciones, con una profundidad de 5,00 m lo que permitirán acoger embarcaciones entre 15 y 30 m de eslora y más de 4 m de calado.

3. ESTUDIOS

Las modificaciones planteadas para el proyecto de ampliación requirieron del conocimiento de las condiciones naturales del lugar. Esto permitiría definir las bases para la elaboración del proyecto de dragado y el de las obras de protección del canal de acceso que se proponen construir.

3.1. GEOLOGÍA

La desembocadura del río Tarará, donde se encuentra situado el puerto deportivo, se ubica en el extremo Oeste en la unidad fisiográfica que se extiende hasta el rincón de Guanabo al Este. La orientación de la costa es Este-Oeste, con una ligera forma convexa. Además cuenta con una franja de playas arenosas que conforman las playas del Este de La Habana (Fig. 3).

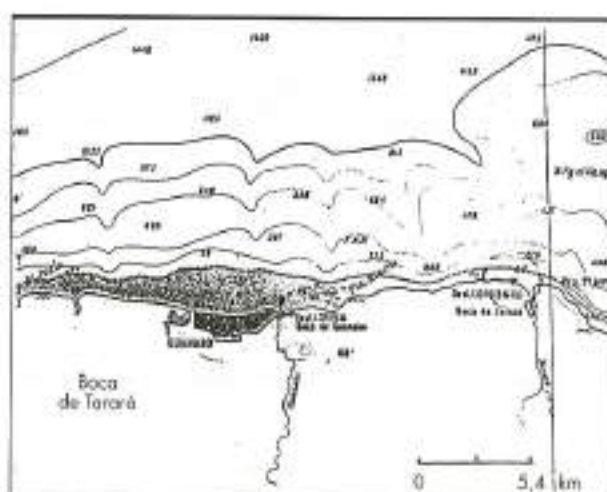


FIGURA 3. Unidad fisiográfica desde Boca de Tarará hasta Pto. Rincón.

La dinámica litoral del área indica un movimiento del transporte de sedimentos hacia el Oeste. El extremo rocoso del borde oeste de la ensenada de Tarará, funciona como una trampa de sedimentos que mantiene el área del canal natural de entrada con acumulación de grandes volúmenes de arena. Este depósito de arena se forma en el paleocauce del río Tarará. Este está bien definido a partir de la isobata de 5,00 m que alcanza profundidades mayores de 15,00 m a una distancia de 450 m de la línea de costa.

Mediante estudios geofísicos del área de la desembocadura, se ubicó una barra rocosa sumergida que atraviesa la ensenada de un extremo a otro con profundidades mínimas de 1,6 m, dividiendo el depósito de arena en dos partes (Fig. 4).

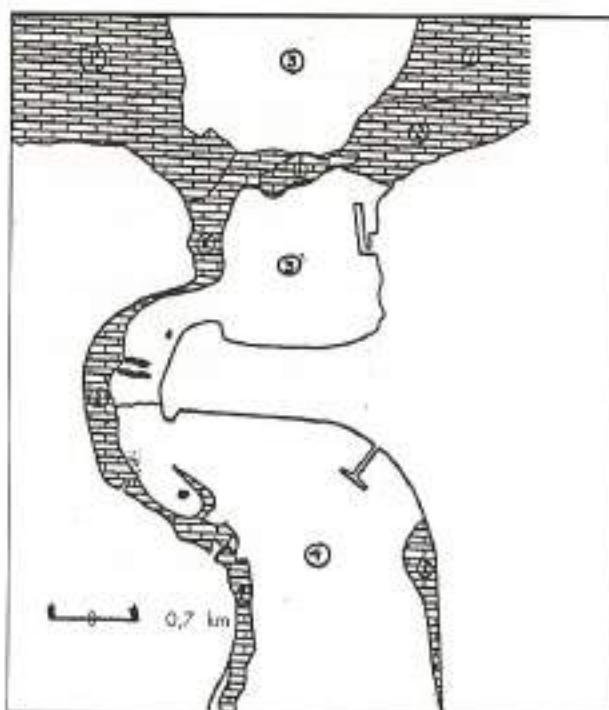


FIGURA 4. Esquema morfológico del fondo.

Se presentaron dos capas predominantes de suelos.

- Arena de grano grueso y algunas gravillas, con un espesor medio de 4,00 m.
- Caliza coralina con oquedades, dura y cristalizada en algunas zonas.

3.2. CLIMA MARÍTIMO Y PROGRAMACIÓN DEL OLEAJE

Para el estudio del clima marítimo en la región se partió de una serie de observaciones de datos de viento que abarcó un período de 21 años. El resultado obtenido fue el de un predominio de los vientos con velocidades menores de 6 m/s para las direcciones NO, N y NE, considerando estas direcciones de incidencia como las más peligrosas en lo que a generación de oleaje se refiere.

Para el oleaje en aguas profundas se determinó el predominio de las olas de dirección NE y una altura de diseño de $H_s = 6,4$ m.

Las características extremas del viento y el oleaje en mar profundo calculado para esta obra según la relación entre su vida útil y el nivel de riesgo admisible en 42 años, se presentan de la siguiente forma.

R (años)	Velocidad del viento (m/s)	H_s (m)	T (s)	H1 (m)	H5 (m)	H10 (m)	L (m)
42	43,2	6,4	9	10,6	8,7	8,1	118,1

Para cada dirección de interés se caracterizó el oleaje y se determinaron los parámetros necesarios para la proyección de las obras, según tabla N° 1.

Dirección	Kf	Ks	Kr	H_{N1} m	Hb m	db m	Db m	Dc m
NO	0,99	0,98	0,65	4,0	4,2	4,9	16,0	245
N	0,99	0,98	0,57	3,5	3,9	4,4	14,6	220
NE	0,99	0,98	0,60	3,7	3,9	4,6	14,9	227

TABLA 1. Parámetros de la ola de rotura para el oleaje extremal de diseño en aguas profundas.

En relación con la rotura del oleaje habitual en la región (alturas menores de 1,0 m), las alturas de rompiente oscilan entre 0,5-1,0 m en profundidades críticas entre 0,7-1,5 m.

Aplicando el modelo matemático de transformación del oleaje en aguas someras REFDIF10 (Grassa, 1990), se propagó el oleaje hasta la zona de acceso al puerto deportivo.

Para los valores extremos del oleaje con el período de retorno de diseño, las alturas de olas en la parte exterior de la desembocadura fueron de 1,25 - 1,5 m. Estas disminuyen hasta 0,5 m en la línea de orilla de la playa que sirve de fondo a la dársena exterior. (Fig. 5).

Con la propagación de los oleajes habituales, en este caso el más frecuente es el del NE, se obtienen alturas de ola por debajo de los 0,25 m (Fig. 6)

3.3. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Para tener un conocimiento general de los volúmenes de arena que se mueven en el entorno de esta unidad fisiográfica y esti-



FIGURA 5. Altura de la ola NE. Régimen extremal $H_s = 6,4$ m $T = 9$ s.



FIGURA 6. Altura de la ola NE Régimen habitual $H_s = 0,5$ m $T = 9$ s.

mar las cantidades de arena que son interceptadas en el extremo Oeste de la playa Tarará, se calculó la capacidad de transporte sólido longitudinal mediante la fórmula del flujo de energía del CERC. Los resultados obtenidos demuestran el predominio de un movimiento de las arenas en dirección Oeste, con una capacidad de transporte neto superior a los 200 000 m³/año.

La tasa anual de sedimentación del canal dragado se calculó mediante la determinación de un coeficiente medio

anual de sedimentación $P = a \frac{H_1}{\sqrt{h}}$ ⁽¹⁾ calculado empírica-

mente teniendo en consideración el régimen de oleaje, el tipo de fondo, las profundidades naturales y la cota de proyecto del canal. El coeficiente medio anual de sedimentación $\Delta H' = \Delta H \cdot P^{(2)}$ para el canal de cálculo es 0,20 lo cual representa una tasa anual de sedimentación de 0,40 m como promedio.

4. PROYECTO DE DRAGADO

El trazado de proyecto del canal de acceso se orientó en función de la dirección de los vientos y el oleaje predominantes del NE en su tramo recto de aproximadamente 300 m de longitud. Esta orientación además obedece a que coincida con el antiguo cañón del río en busca de reducir los volúmenes de dragado.

De acuerdo con el pronóstico de embarcaciones que utilizarán la Marina se dimensionó un canal para un solo sentido de navegación. El ancho y la profundidad del mismo se calculó de acuerdo a las Normas Cubanas de proyección de canales marítimos y en base a las siguientes fórmulas.

Ancho del canal de un solo sentido de navegación:

$$-B'm = Bm + 2C_1 + \Delta B$$

donde: $Bm = L \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + B \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2) + t\beta \cdot V_k$

$B'm$ = ancho de navegación del canal

Bm = ancho de maniobra

C_1 = margen de ancho entre el área de maniobra y las paredes del canal

ΔB = margen de ancho por sedimentación en las paredes laterales del canal

L = eslora del buque de diseño

α_1 = desviación del barco debido a corriente y oleaje

α_2 = desviación del barco debido al viento

B = manga del barco de diseño

t = duración de la desviación del timón

β = desviación del timón

V_k = velocidad del barco

Profundidad: $H_0 = H_n + Z_1$

donde: $H_n = T + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + \Delta H$

H_0 = profundidad de proyecto

H_n = profundidad de navegación

T = calado del barco de diseño

$Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5$ = márgenes de dragado

ΔH = variación del nivel medio del mar

Z_1 = resguardo de navegación

Las condiciones de navegación para las mayores embarcaciones previstas se cumplen con un ancho del canal de

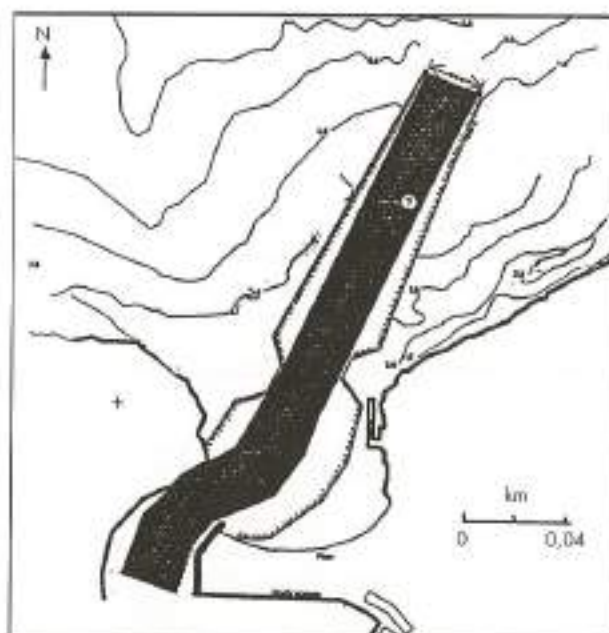


FIGURA 7. Trazado del canal con las taludes de proyecto.

42 m en su parte recta, 47 m en los tornos con una profundidad de navegación de 4,3 m (Fig. 7).

El dragado se ejecutará con una draga de jaiba con cántara, autopropulsada. El volumen a dragar en la obra es 60.000 m³, de los cuales 50.000 m³ son de arena y 10.000 m³ de roca.

Se utilizarán vaciaderos diferentes, el material rocoso, después de fragmentado con voladura submarina, se verterá en una zona de la costa hacia el oeste del canal y la arena será aprovechada para el relleno de la playa situada hacia el Este del canal.

El volumen a dragar en la obra es 60.000 m³, para un costo total de obra de \$670.000,00 pesos en moneda nacional. Los tiempos de ejecución del dragado se calcularon en 2,5 años de acuerdo al tipo de draga disponible.

5. OBRAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA ENTRADA DEL PUERTO DEPORTIVO

En base al análisis del cálculo del transporte longitudinal de arenas, donde para el caso del oleaje máximo calculado con un período de presentación de una vez al año ($H_0 = 2,6$ m), se obtiene que el movimiento perfecto de la arena ocurre a una profundidad de 5,9 con una altura de la ola en ese punto de 2,4 m.

Y de acuerdo a los cálculos realizados, donde el espesor de la capa de sedimento a depositarse en los diferentes tramos del canal proyectado oscila entre el 5 y el 38% de la profundidad del corte; trayendo como consecuencia que en un período de dos años se depositaría una capa de arena de cerca de 1 m de espesor como promedio.

Se hace necesario la construcción de una protección de la boca del canal de entrada para garantizar la seguridad de la salida y entrada de embarcaciones en la Marina e impedir que el transporte lateral se deposite en el canal.

Para la solución de protección del canal y la dársena exterior se propone un diseño de dos diques convergentes en la boca de entrada. Se estudiaron distintas variantes de orientación y longitud de los diques en un modelo de simulación numérico (Grassa, 90), y resultó la más conveniente la que aparece en la (Fig. 8). Aunque la mayoría de las alternativas

⁽¹⁾ H_1 = Altura calculada de la ola del 1% de probabilidad en el sistema para un período de retorno de 1 en 25 años.

h = Profundidad natural.

a = Coeficiente que considera las características del material del fondo marino.

⁽²⁾ ΔH = Profundidad del corte, determinada por la diferencia entre la profundidad natural y la proyectada.

P = Coeficiente de sedimentación.

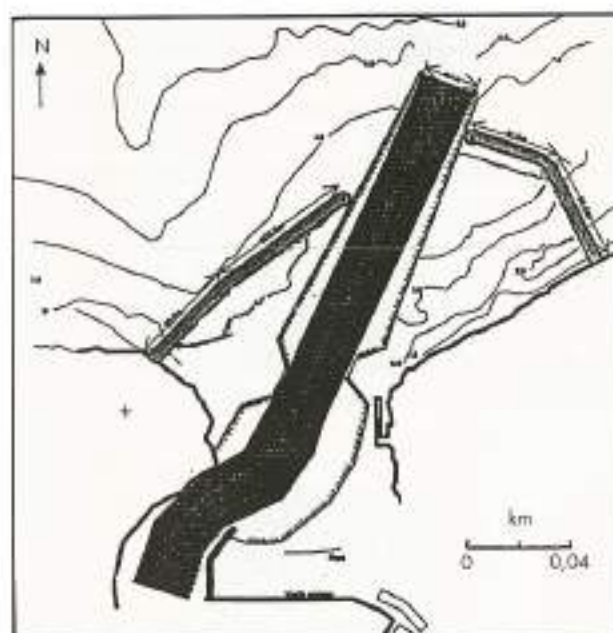


FIGURA 8. Propuestas de obras de Protección en la Marina Tarará.

estudiadas resultaron eficientes en la reducción de la agitación en la dársena, así como desde el punto de vista de contención de las arenas, la seleccionada resulta más favorable desde el punto de vista económico ya que se logra que la mayor parte de los diques esté construida directamente sobre terreno rocoso.

Características generales de la variante seleccionada:

- Los espigones alcanzan en su extremo la profundidad de 3,5 m. Se estima que existirá un rebase de arena aproximado del 5% del total del transporte neto anual.
- Las estructuras se ubican después de la zona de rompiente, la ola llega ya rota a los diques.
- La anchura de la boca es de 90 m entre los extremos de los diques.

- La boca queda abierta a las direcciones con menos frecuencia de presentación del oleaje. Se logran alturas de ola menores de 40 cm en la dársena interior en el 90% del año.

CONCLUSIÓN

- En la Ensenada exterior de la Marina Tarará será ejecutado un canal de acceso hacia el Puerto Deportivo situado detrás, que debe tener las dimensiones calculadas en el proyecto de dragado.
- El dragado del canal provoca un aumento de las profundidades en la zona de la dársena exterior, por lo que estaría expuesta a un aumento del oleaje en la misma.
- El predominio del movimiento de las arenas en la unidad fisiográfica en dirección Oeste pronostica un continuo azolvamiento del canal dragado.
- Se hace necesario el estudio de obras de protección para la dársena exterior (Fig. 7).

BIBLIOGRAFÍA

- ARCIS, R. Estudio para la Protección del Canal de Acceso a la Marina Tarará. ICH, La Habana, 1994.
- Dirección General de Costas - Centro de Estudios de Puertos y Costas, Ministerio de Fomento de España. *Seminario Hispano - Cubano sobre Gestión y Actuación en la Costa*. La Habana, Cuba 1993-1994.
- Japanese International Cooperation Agency (JICA), Puertos Mexicanos. *Características generales del movimiento de las arenas*. 5^{to} Curso Internacional de Ingeniería Hidráulica Portuaria. México 1992.
- LA ROSA, C. Proyecto de Dragado del Canal de Acceso a la Marina Tarará. ICH, La Habana, 1994.
- MARTÍN SOLDEVILLA, M. DE J., MARTÍNEZ ARAZABAL, J. *Análisis medio y extremal del oleaje*. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Madrid, 1990.
- Noble Denton Consultancy Service, Ltd. *Rapid evaluation of extreme environmental conditions for a locations offshore*. Cárdenas Cuba. London 1992.
- Army Coastal Engineering Research. *Shore Protection Manual*, Center Fort Belvoir Virginia EE.UU, 1984.

COMSA, CORSAN y CORVIAM conjuntamente

Las Empresas Constructoras COMSA, CORSAN Y CORVIAM han expresado su voluntad de concurrir conjuntamente a los diferentes proyectos de obras hidráulicas con financiación privada que el Ministerio de Medio Ambiente ha anunciado licitará en breve.

Estas Empresas Constructoras, que disponen de un importante volumen de recursos propios y alcanzan una facturación anual conjunta próxima a los 100.000 millones de pesetas, suscribieron el pasado año un acuerdo para concurrir conjuntamente a los concursos de obras convocados por las distintas Administraciones Públicas, bajo cualquiera de las fórmulas previstas de financiación extrapresupuestaria, y aspiran a participar de una manera activa en el proceso de financiación privada de las infraestructuras.

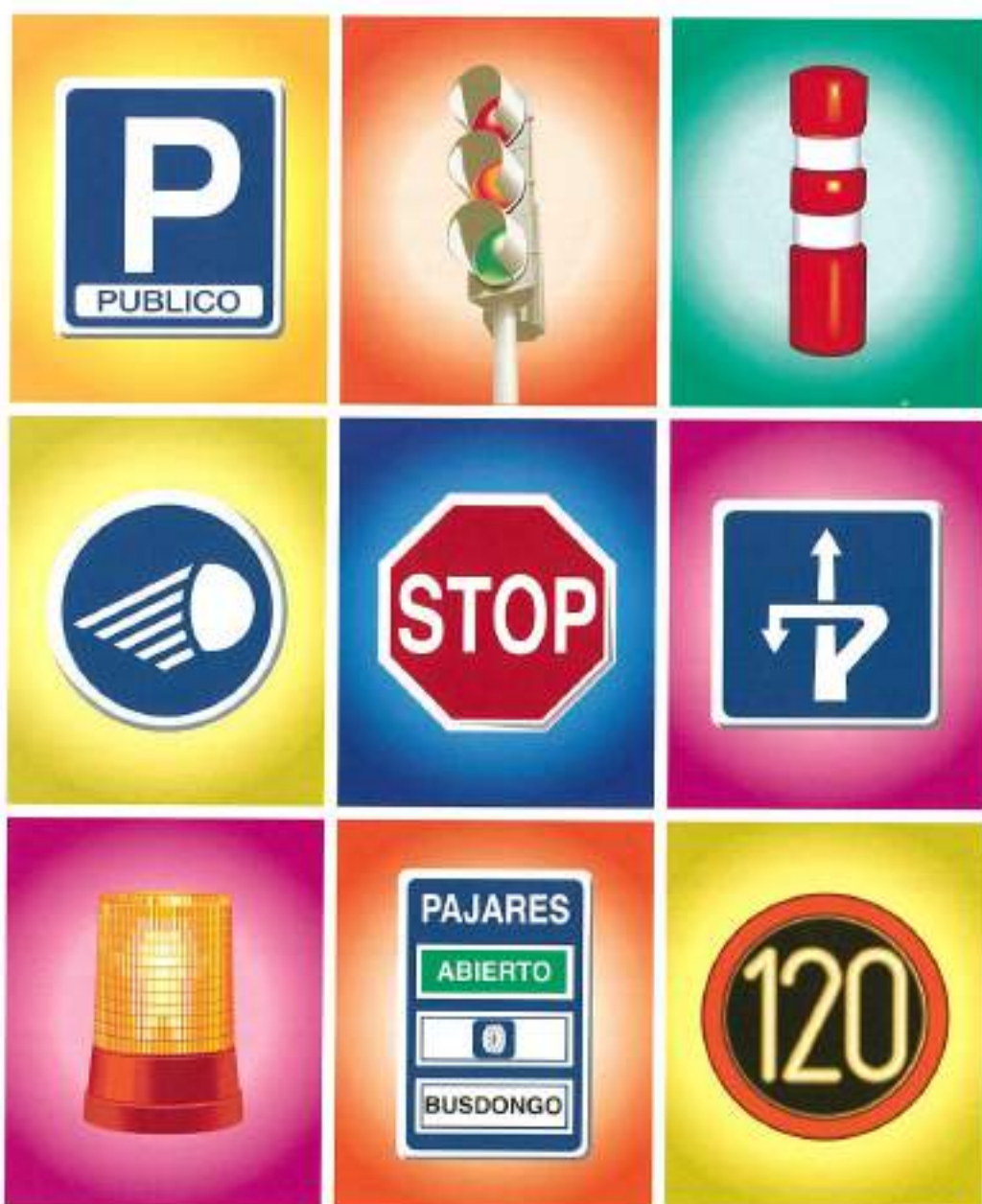
COMSA, CORSAN Y CORVIAM son tres Empresas de propiedad familiar, de tamaño mediano, con larga tradición en el sector y que han apostado estratégicamente por mantener su independencia frente a los movimientos de adquisiciones y fusiones

que vienen produciéndose en el mundo de la construcción en los últimos tiempos.

Con una situación financiera saneada y equilibrada, estas Empresas consideran que la dimensión ni asegura la pervivencia en un sector de carácter cíclico como el de la construcción, tan sensible a la mayor o menor inversión pública, ni asegura una mayor competitividad que redunde en superiores ventajas para sus clientes. Destacan la mayor agilidad y flexibilidad que les permite su tamaño, otorgan una gran prioridad a la calidad y, pese a que todas ellas pueden ser consideradas constructoras de carácter general ya que ejecutan todo tipo de obras, tanto de carácter civil como de edificación, preconizan un cierto grado de especialización en su actividad.

Esta coincidencia en sus objetivos estratégicos, unida a una efectiva complementariedad, ha contribuido a hacer aún más atractivo el acuerdo suscrito que no está cerrado a la incorporación puntual de nuevos socios en función de cada proyecto.

POR LA SEGURIDAD DE TODOS



Tanto la seguridad de los conductores como la de los peatones, bien merece un esfuerzo. El de organizar Trafic. El Salón Internacional de la Seguridad Vial y el Equipamiento para Carreteras. Un salón con sectores especializados en barreras de seguridad, señalización horizontal, señalización vertical y variable, regulación del tráfico, alumbrado público, pantallas antirruído, pantallas antideslumbrantes y teléfonos SOS, señalización para aparcamientos y peajes, de tráfico, asociaciones. Como ve, hemos pensado en todo.



provisional de obras, equipamiento seguridad pasiva para estructuras organismos y prensa especializada. Por la seguridad de todos.

MADRID, 21-24 OCTUBRE 1997