

CALCULO DE VELOCIDADES DE CORROSION EN GASODUCTOS ENTERRADOS

Daniel Falabella, Sergio Rio
Transportadora de Gas del Sur

RESUMEN

Las distintas empresas operadoras de cañerías enterradas, tratan de determinar las Velocidades de avance de corrosión de sus sistemas a los efectos de determinar frecuencias de reinspección con scraper inteligentes y determinar grado de avance de los defectos remanentes.

Existen dos grandes tendencias para obtener este dato. Por un lado el cálculo mediante la utilización de cupones de pérdida de peso y/o probetas resistivas. En general este método permite medir la velocidad de avance de corrosión según la pérdida de material que se produce en testigos instalados en las cercanías de la cañería y sometidos a condiciones similares a las del ducto. En función de estas variaciones en el tiempo puede determinarse la velocidad de corrosión.

Por otro lado en aquellos sistemas de gasoductos donde se hallan realizado corridas de inspección interna mediante la utilización de herramientas inteligentes, por lo menos en dos oportunidades, pueden realizarse estudios comparativos entre aquellos defectos que permanecieron sin reparar durante las dos etapas, con lo que se obtiene un valor de avance de corrosión. Este valor en función del tiempo transcurrido y de las distintas condiciones de protección catódica permite determinar Velocidades de corrosión.

TGS tiene aplicado en su sistema ambas tecnologías, lo que permitió realizar un estudio comparativo a los efectos de contrastar los datos obtenidos.

En el presente trabajo se detallan las distintas variables tenidas en cuenta para cada uno de los análisis, como así también se discuten los resultados obtenidos en función de valores estándar de la industria.

INTRODUCCION

La República Argentina, cuenta con gasoductos de alta presión que poseen una antigüedad promedio de 25 años.

A partir de 1992, con la privatización de los sistemas de Transporte y Distribución, surgió la necesidad de una evaluación global de las líneas, a efectos de obtener un diagnóstico real, que fuese utilizado como punto de partida para la adecuación total del sistema.

Transportadora de Gas del Sur, utilizando scrapers inteligentes de alta resolución, inspeccionó, en dos oportunidades, mas de 6000 Km. de gasoductos troncales (24"-30" y 36") desde 1993 a la fecha.

Simultáneamente se encaró un agresivo plan de reparaciones a los efectos de minimizar el impacto de una posible falla en el sistema de gasoductos troncales. El cual consistió en el recambio de 356 Km. de cañería, instalación de 935 refuerzos de circundación total, recobertura de 240 Km. de gasoducto y el aumento de confiabilidad del sistema de protección catódica mediante la instalación 136 nuevos equipos rectificadores.

Una vez obtenida la confiabilidad esperada, surgió la necesidad de monitorear aquellos defectos que no requirieron reparación oportunamente pero que aún continúan en el sistema.

A los efectos de determinar las Velocidades de corrosión se aplicaron a los gasoductos troncales del sistema de TGS, distintos tipos de ensayos y análisis teóricos que a continuación se detallan:

1. -Estudio de avance de corrosión mediante la aplicación de cupones
2. -Estudio de avance de corrosión mediante la comparación en profundidad de fallas remanentes, luego de dos inspecciones internas con scraper instrumentado de alta resolución.

DESARROLLO

1. -ESTUDIO DE AVANCE DE CORROSIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE CUPONES

Una de los métodos utilizados es mediante los resultados obtenidos de la instalación de cupones de corrosión en aquellas secciones con las condiciones más desfavorables desde el punto de vista de la Integridad, es decir aquellos lugares con la mayor cantidad de fallas remanentes y difíciles de proteger catódicamente.

Se utilizaron probetas marca Metal Sample tipo resistencia eléctrica modelo ER0500 cilíndricas.

Sus características son las siguientes:

- * Modelo AP: Resistencia eléctrica de prueba
- * Tipo 40: Cilíndricas para instalar en forma subterránea con cable de conexión
- * Elementos del cuerpo 10: 10 milésimas (5 milésimas utilizable de vida útil) –cilíndrica.
- * Elementos del cuerpo 20: 20 milésimas (10 milésimas utilizable de vida útil) –cilíndrica.
- * Aleación : C1010
- * Longitud del cable de conexión: 3 metros

Criterios utilizados para determinar ubicación

- * Por agrupación y severidad de fallas detectadas con el pasaje de scraper instrumentado.
- * Preferentemente donde la protección catódica cumple con el criterio de los 100 mV de polarización
- * En zonas generalmente alejadas de los equipos rectificadores existentes
- * Verificación de la efectividad de la protección catódica y del cumplimiento del criterio adoptado.
- * Comparación y verificación de la relación entre cupones ó probetas con los potenciales existentes

Forma de instalación

En cada lugar seleccionado se instalaron dos probetas, una conectada al sistema de protección catódica (gasoducto) y la otra sin protección catódica, a los efectos de evaluar la velocidad de corrosión en ambas situaciones.

Los principales criterios utilizados fueron:

- * Enfrentando a las fallas detectadas.
- * La cercana al gasoducto tiene protección catódica.
- * Separación entre probetas y ducto de 0,25 mts.
- * La tapada debe ser con el mismo tipo de terreno que había originalmente y compactado.
- * Las probetas no deben ser manipuladas manualmente, dado que la grasitud de las manos alteraría el proceso a estudiar.

En las figuras N°1 y 2 se muestran las ubicaciones de las probetas para el caso del gasoducto LGSM y Neuba I respectivamente.

En las tablas N° 1 y 2 se detallan los valores de velocidad de corrosión obtenidos en el Gasoducto LGSM y Neuba I para el caso de probeta protegida y desprotegida respectivamente.

Sección	Progresiva (Km)	Probeta protegida Icp(MPY)	Probeta protegida Icp (mm/año)	Probeta desprot. Icpp(MPY)	Probeta desprot. Icpp (mm/año)
Pico Holdich	1.336	0,03	0,001		
	8,602	0	0,000	2,460	0,062
	8,946	0,76	0,019	6,250	0,159
	26,949	0,07	0,002	2,290	0,058
	37,989	0,03	0,001		
Promedio Pico Holdich		0,178	0,005	3,667	0,093
Holdich - Salamanca	133,013	0,33	0,008	0,44	0,011
Salamanca - Garayalde	167,042	0,11	0,003	0,25	0,006
	185,454	0,06	0,002	0,35	0,009
	207,365	0,06	0,002	3,14	0,080
Prom. Salamanca - Garay		0,077	0,0019	1,247	0,032
Dolavon - Gualicho	457,308	0,14	0,004	1,89	0,048
	476,047	0,4	0,010	10,61	0,269
	482,135	0,14	0,004	10,66	0,271
Prom. Dolavon - Gualicho		0,227	0,006	7,72	0,196
Rio Colorado - Gral Cerri	987,974	1,1	0,028	2,92	0,074
	999,400	0,010	0,00025	2,14	0,054
Prom. Rio Colorado - Cerri		0,555	0,014	2,53	0,064
Promedio General Pico - Cerri		0,273	0,007	3,121	0,079

Tabla N° 1 Velocidades de Corrosión Gasoducto LGSM en puntos de ubicación de probetas

Sección	Progresiva (Km)	Probeta protegida Icp(MPY)	Probeta protegida Icp (mm/año)	Probeta desprot. Icpp(MPY)	Probeta desprot. Icpp (mm/año)
Barrosa - Roca	3,900	0,02	0,001	0,47	
	13,900	0,05	0,001	0,47	0,012
	29,500	2,57	0,065	5,41	0,137
	30,780	0,14	0,004	0,32	0,008
	71,920	1,56	0,040		0,000
	113,500	0,6	0,015	4,04	0,103
Promedio Barrosa - Roca		0,868	0,022	2,223	0,056
Roca - Chelforo	150,500	0,03	0,001	7,04	0,179
Fortín Uno - Gaviotas	343,000	0,74	0,019	8,46	0,215
	352,500	3,24	0,082	7,3	0,185
	395,500	0,56	0,014	1,58	0,040
Prom. Fortín Uno - Gaviotas		1,513	0,0384	5,780	0,147
Gaviotas - Cerri	457,308	0,14	0,004	1,89	0,048
	476,047	0,4	0,010	10,61	0,269
Prom. Gaviotas - Cerri		0,180	0,005	4,17	0,106
Promedio General Barrosa - Cerri		0,648	0,016	4,803	0,122

Tabla N° 2 Velocidades de Corrosión Gasoducto Neuba I en puntos de ubicación de probetas

Cabe aclarar que solo se colocaron cupones en aquellas áreas que se consideraron representativas desde el punto de vista de concentración de fallas y estado de la protección catódica.

Considerando sección protegida aquella que cumple con el criterio – 850 mV off y parcialmente protegida a la que cumple con el criterio de 100 mV. de polarización. Resulta de aplicación la siguiente formula:

$$V_{cc} = (M_{pp}/M_t) I_{cpp} + (M_p/M_t) I_{cp}$$

Donde

V_{cc} = Velocidad de Corrosión para la sección en estudio según análisis de cupones (mm/año)

M_{pp} = Cantidad de mediciones parcialmente protegidas

M_p = Cantidad de mediciones protegidas

M_t = Mediciones totales

I_{cpp} = Índice de corrosión para puntos parcialmente protegidos según cupones. (mm/año)

I_{cp} = Índice de corrosión para puntos protegidos según cupones.(mm/año)

Si aplicamos ésta ecuación a un tramo en particular como ser el Tramo Salamanca – Garayalde del gasoducto LGSM, de la tabla N°1 obtenemos los valores de velocidad de corrosión para probeta protegida I_{cp} y la correspondiente a probeta parcialmente protegida I_{pp} , el valor de M_t corresponde al número total de mojonos en la sección, M_p corresponde al número de mojonos que cumple con el criterio de –850 mV. Off y M_{pp} corresponde al número de mojonos que cumple con el criterio de 100 mV. De despolarización, luego:

$$\begin{aligned} M_{pp} &= 15 \\ M_p &= 96 \\ M_t &= 111 \\ I_{cp} &= 0,0019 \text{ mm/año} \\ I_{pp} &= 0,032 \text{ mm/año} \end{aligned}$$

Reemplazando valores:

$$V_{cc} = (15/111) * 0,032 + (96/111) * 0,0019 = 0,006$$

$$VCC = 0,006 \text{ mm/año}$$

Con lo que obtenemos una velocidad media de crecimiento de corrosión para el tramo Salamanca – Garayalde de 0,006 mm por año.

Extrapolando estos valores a las distintas secciones del gasoducto Libertador General San Martín y Neuba I obtenemos las tablas N° 3 y N° 4.

Seccion	Cant. Puntos de Medición	Mediciones Dic.1999				Cálculo s/cupones			Observaciones
		< - 850	> - 850	% < - 850	% > - 850	Vc Cupones Desprotegido	Vc Cupones Protegido	Vc Cupones	
Pico Truncado - Holdich (0 a 65)	65	10	55	0.15	0.85	0.0931	0.0045	0.018	
Holdich - Salamanca (65 a 164)	99	49	50	0.49	0.51	0.0112	0.0084	0.010	
Salamanca - Garayalde (163 a 274)	111	15	96	0.14	0.86	0.0317	0.0019	0.006	
Garayalde - Dolavon (274 a 413)	139	0	139	0.00	1.00			0.018	No Instalados
Dolavon - Gualicho (413 a 554)	141	2	139	0.01	0.99	0.1961	0.0058	0.008	Se Tomo el valor cupones para desprot.
Gualicho - San Antonio (554 a 695)	141	16	125	0.11	0.89				No Instalados
San Antonio - Conesa (695 a 838)	143	19	124	0.13	0.87				No Instalados
Conesa - Rio Colorado (838 a 968)	130	31	99	0.24	0.76				No Instalados
Rio Colorado - Cerri (968 a 1077)	109	21	88	0.19	0.81	0.0643	0.0141	0.024	Se Tomo el valor cupones para desprot.
Promedio Gto LGSM (Pico - Cerri)								0.014	

Tabla N° 3 Velocidades de Corrosión Gasoducto LGSM

	Mediciones Dic.1999				Cálculo s/cupones				
Seccion	Cant. Puntos de Medición	< - 850	> - 850	% < - 850	% > - 850	Vc Cupones Desprotegido	Vc Cupones Protegido	Vc Cupones	Observaciones
Barrosa - Roca (0 a 120)	120	0	120	0.00	1.00	0.0565	0.0220	0.022	
Roca - Chelforo (120 a 207)	87	0	87	0.00	1.00	0.1788	0.0008	0.001	
Chelforo - Fortin Uno (207 a 324)	117	16	101	0.14	0.86	0.0000	0.0000	0.000	No Instalados
Fortin Uno - Gaviotas (324 a 453)	129	12	117	0.09	0.91	0.1468	0.0384	0.048	
Gaviotas - Cerri (453 a 573)	120	0	120	0.00	1.00	0.1058	0.0046	0.005	
Prom.Gto Neuba I (Barrosa - Cerri)								0.015	

Tabla N° 4 Velocidades de Corrosión Gasoducto Neuba I

2. -ESTUDIO DE AVANCE DE CORROSIÓN MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE FALLAS REMANENTES

Este estudio se realizó tomando como base la población de fallas remanentes comparables luego de las inspecciones con scraper instrumentado de alta resolución de los años 1994/1997 y las reparaciones, reemplazos de cañería y recobertura realizados como resultado del análisis de aquellos defectos de magnitud.

Atento las condiciones de integridad varían en función del tiempo y teniendo en cuenta las mejoras producidas en la protección catódica más el plan de recobertura que TGS está llevando a cabo. Se calcularon los índices individuales para cada falla remanente mediante la siguiente formula:

$$I \text{ ind.} = (\text{Prof } 97 - \text{Prof } 94) / N^{\circ} \text{ años}$$

Donde:

I ind. = Índice de avance de corrosión para cada defecto remanente (mm/año)

Prof. 97 = Profundidad de falla medida por la herramienta de inspección en el año 97

Prof 94 = Profundidad de falla medida por la herramienta de inspección en el año 94

N° años = Tiempo transcurrido entre ambas inspecciones

Ahora bien, debe considerarse el efecto que producen las mejoras realizadas en la protección catódica, para ello se realizó un análisis de los potenciales off de cada defecto al momento de las inspecciones internas y al año 1999.

Continuando con el análisis pudo calcularse la población de defectos que se encontraban parcialmente protegidos (es decir que cumplían con el criterio 100 mV de despolarización) en el año 1997 y aproximar que los índices de corrosión (Ifpp) de estos defectos son similares a los de falla parcialmente protegida.

Aplicando el mismo razonamiento para el caso de aquellas fallas protegidas (cumplen con -850 mV off) pueden aproximarse los índices para el caso de fallas protegidas (Ifp).

A los efectos de reducir la dispersión se realizaron los promedios de los valores obtenidos para cada uno de los casos:

$$V_{cfpp} = (F_{pp}/F_t) I_{fpp}$$

$$V_{cfp} = (F_p/F_t) I_{fp}$$

Vcf pp = Velocidad de corrosión según avance de fallas comparadas, parcialmente protegidas.(mm/año)

Vcf p = Velocidad de corrosión según avance de fallas comparadas, protegidas.(mm/año)

Fpp = Cantidad de fallas remanentes parcialmente protegidas al año 1997

Fp = Cantidad de fallas protegidas al año 1997

Ft = Fallas Totales

Ifp = Índice de corrosión promedio falla protegida.(mm/año)

Ifpp = Índice de corrosión promedio falla parcialmente protegida.(mm/año)

Los valores de Vcfpp y Vcfp son velocidades de corrosión calculadas en base a la población de fallas remanentes comparables y se calcularon al solo efecto comparativo.

En la tabla N° 3 puede observarse un ejemplo práctico para el tramo Salamanca – Garayalde del Gasoducto LGSM, en dicha tabla se encuentran los valores de profundidad de la población de fallas remanentes del tramo, las fallas se encuentran ubicadas según su progresiva y número de soldadura del tubo a que corresponden, además se encuentran indicados los valores de potenciales de protección catódica correspondientes al año 1999 y 1997, en la columna Dif. Prof. se observa el valor de la diferencia porcentual de profundidades multiplicado por el espesor nominal de la cañería (8,74 mm).

Para la primer fila será:

Prof. 97 = 20%

Prof. 94 = 17%

Dif. Prof. = $(0,20 - 0,17) \times 8,74 \text{ mm} = 0,26 \text{ mm}$

El Indice individual surge de dividir la diferencia de profundidad por el tiempo transcurrido entre inspecciones internas:

Ind.Indiv. = $0,26 / 3 = 0,09 \text{ (mm/año)}$

De esta forma se construyeron las tablas como la N° 3 para toda la población de fallas remanentes del sistema, determinándose los Indices individuales para el caso de fallas protegidas Ifp y parcialmente protegidas Ifpp

Ifp = S Ind. Indiv. / cantidad de fallas protegidas

Ifpp = S Ind. Indiv. / cantidad de fallas parcialmente protegidas

Progresiva	Sold. N°	Pot. 99	Pot. 97	Prof.97	Prof.94	Dif. Prof.	Ind.Indiv.
198.234	29330	1050	650	0,20	0,17	0,26	0,09
213.885	42520	918	670	0,29	0,26	0,26	0,09
188.990	21410	1040	680	0,21	0,10	0,96	0,32
189.330	21700	1040	680	0,21	0,24	0,00	0,00
234.395	59700	1070	750	0,22	0,22	0,00	0,00
234.395	59700	1070	750	0,22	0,18	0,35	0,12
234.395	59700	1070	750	0,28	0,22	0,52	0,17
234.395	59700	1070	750	0,28	0,18	0,87	0,29
171.050	6170	910	820	0,34	0,06	2,45	0,82
207.199	36900	895	830	0,22	0,12	0,87	0,29
207.393	37060	1020	830	0,30	0,19	0,96	0,32
167.893	3490	740	850	0,21	0,20	0,09	0,03
167.894	3490	800	850	0,22	0,17	0,44	0,15
169.302	4670	800	850	0,22	0,21	0,09	0,03
174.528	9090	828	850	0,22	0,26	0,00	0,00
222.040	49360	828	850	0,25	0,26	0,00	0,00
222.040	49360	873	850	0,34	0,25	0,79	0,26
222.040	49360	910	850	0,21	0,28	0,00	0,00
221.956	49290	910	850	0,27	0,36	0,00	0,00
190.556	22790	910	850	0,27	0,19	0,70	0,23

Resultados

Ft	Ep	Fpp	Ifpp	Ifp	Vcfpp	Vcfp
19	9	10	0.228	0.078	0.120	0.037

Tabla N° 3 Índices Individuales de Corrosión Tramo Salamanca – Garayalde

Dado que desde el año 1997 a la fecha las condiciones de protección catódica del sistema mejoraron notablemente, los valores de Ifp e Ifpp pueden extrapolarse a la población total de fallas remanentes, comparables o no, ya sea que estén total o parcialmente protegidas:

$$V_{cf} = (M_{pp}/M_t) I_{fpp} + (M_p/M_t) I_{fp}$$

Donde

V_{cf} = Velocidad de Corrosión para la sección en estudio según análisis de fallas.(mm/año)

M_{pp} = Cantidad de mediciones parcialmente protegidas año 99

M_p = Cantidad de mediciones protegidas año 99

M_t = Mediciones totales año 99

I_{fp} = Índice de corrosión promedio falla protegida.(mm/año)

I_{fpp} = Índice de corrosión promedio falla parcialmente protegida.(mm/año)

De la aplicación práctica de éstas ecuaciones al tramo Salamanca – Garayalde surge:

$I_{cfpp} = 0,228$ mm/año de tabla N° 3

$I_{cfp} = 0,078$ mm/año de tabla N° 3

$M_{pp} = 15$ (mojones parcialmente protegidos)

$M_p = 96$ (mojones protegidos)

$M_t = 111$ (cantidad total de mojones)

Luego

$$V_{cf} = (15/111) 0,228 + (96/111) 0,078$$

$$V_{cf} = 0,098 \text{ mm/año}$$

Con lo que obtenemos una velocidad media de crecimiento de corrosión para el tramo Salamanca – Garayalde de 0,098 mm por año.

Extrapolando estos valores a las distintas secciones del gasoducto Libertador General San Martín y Neuba I se obtienen las tablas N° 4 y 5 respectivamente.

Seccion	Mediciones Dic.1999					Comparativa fallas			
	Cant. Puntos de Medición	< - 850	> - 850	% < - 850	% > - 850	Vc Fallas Prot.	Vc Fallas Desprot.	Vc Fallas Comp.	Vc Fallas Totales
Pico Truncado - Holdich (0 a 65)	65	10	55	0,15	0,85	0,126	0,173	0,120	0,133
Holdich - Salamanca (65 a 164)	99	49	50	0,49	0,51	0,070	0,087	0,077	0,079
Salamanca - Garayalde (163 a 274)	111	15	96	0,14	0,86	0,078	0,228	0,160	0,098
Garayalde - Dolavon (274 a 413)	139	0	139	0,00	1,00	0,102	0,246	0,102	0,102
Dolavon - Gualicho (413 a 554)	141	2	139	0,01	0,99	0,050	0,196	0,050	0,052
Gualicho - San Antonio (554 a 695)	141	16	125	0,11	0,89	0,039	0,047	0,039	0,040
San Antonio - Conesa (695 a 838)	143	19	124	0,13	0,87	0,050	0,102	0,069	0,057
Conesa - Rio Colorado (838 a 968)	130	31	99	0,24	0,76	0,071	0,106	0,092	0,079
Rio Colorado - Cerri (968 a 1077)	109	21	88	0,19	0,81	0,080	0,064	0,080	0,077
Promedio Gto LGSM (Pico - Cerri)									0,080

Tabla N°4 Velocidades de Corrosión según comparativa de fallas remanentes Gto LGSM

	Mediciones Dic.1999					Comparativa fallas		
Seccion	Cant. Puntos de Medición	< - 850	> - 850	% < - 850	% > - 850	Vc Fallas Prot.	Vc Fallas Desprot.	Vc Fallas Totales
Barrosa - Roca (0 a 120)	120	0	120	0,00	1,00	0,160		0,160
Roca - Chelforo (120 a 207)	87	0	87	0,00	1,00	0,331		0,331
Chelforo - Fortin Uno (207 a 324)	117	16	101	0,14	0,86	0,291	0,200	0,291
Fortin Uno - Gaviotas (324 a 453)	129	12	117	0,09	0,91	0,200		0,200
Gaviotas - Cerri (453 a 573)	120	0	120	0,00	1,00	0,273		0,273
Promedio Gto NEUBA I (Barrosa - Cerri)								0,251

Tabla N°5 Velocidades de Corrosión según comparativa de fallas remanentes Gto Neuba I

Para el caso del gasoducto Neuba I la mayoría de los valores son para cañería protegida dado que las fallas remanentes comparables se encontraban totalmente protegidas tanto en el año 1997 como en el año 1999.

Comparación entre Resultados Obtenidos

A continuación pueden observarse los promedios generales para las secciones Pico Truncado – Cerri (gasoducto LGSM) y Barrosa – Cerri (gasoducto Neuba I).

Sección	Vc Cupones	Vc Fallas
Pico Truncado - Cerri	0,022	0,080
Barrosa - Cerri	0,015	0,251

Para el caso del gasoducto LGSM, si bien los valores no son coincidentes se encuentran en el mismo orden de magnitud.

No ocurre lo mismo para el caso del gasoducto Neuba I, tramo Barrosa – Cerri donde los valores de Velocidades de corrosión según comparativa de fallas son significativamente más altos. Continuamos con la investigación de fallas en campo en éste gasoducto para determinar si la diferencia se debe a cambios en la precisión entre las dos herramientas de inspección interna ó si los datos estimados son reales.

Estos valores fueron calculados para las condiciones del sistema a la fecha por lo que su validez queda limitada a la variación de las condiciones de integridad del sistema de TGS.

TGS se encuentra abocada al mejor control del sistema, por lo cual con la colocación de mayor cantidad de cupones se obtendrá una mayor aproximación

A través del plan de reinspección interna de las líneas, recobertura y mejoras en la protección catódica estimamos que se obtendrán valores inferiores a los actuales en un corto tiempo.

Determinación de Zonas Críticas en Función de Velocidades de Corrosión

A los efectos de obtener una visión más específica de las zonas críticas del sistema de gasoductos se realizó un segundo análisis teniendo en cuenta las Velocidades de corrosión por zonas de agrupación de fallas dentro de una misma sección, para lo cual se procedió de la siguiente forma:

Se graficaron las profundidades 1994 Vs.1997 en función de su ubicación dentro de cada sección de gasoducto entre trampa impulsora y trampa receptora. Fig. N° 3.

A través de está gráfica pueden identificarse las zonas de agrupación de fallas remanentes, ubicaciones éstas donde es probable existan suelos más agresivos y/o revestimiento deteriorados.

Se determinaron los índices individuales de crecimiento para cada falla comparable utilizando el método descripto anteriormente:

$$I \text{ ind.} = (\text{Prof. 97} - \text{Prof. 94}) / N^{\circ} \text{ años}$$

Donde:

I ind. = Índice de avance de corrosión para cada defecto remanente.(mm/año)

Prof. 97 = Profundidad de falla medida por la herramienta de inspección en el año 97

Prof 94 = Profundidad de falla medida por la herramienta de inspección en el año 94

N° años = Tiempo transcurrido entre ambas inspecciones

Estos índices se graficaron en función de su ubicación dentro de cada sección. Fig.N° 4

Se determinó el mayor índice de velocidad de corrosión para cada agrupación de fallas dentro de cada una de las secciones, adoptándose estos valores como velocidad de corrosión para cada grupo de fallas.

Estos índices fueron aplicados a la totalidad de fallas remanentes (comparables ó no) se calcularon las profundidades que resultarían al año 2000 y sus Factores Estimados de Reparación, graficándose según su ubicación dentro de cada sección. Fig. N° 5

Se superpusieron los valores de Potenciales de Protección Catódica On y Off para determinar zonas críticas que requieren mayor atención.

Se define como zonas críticas dentro de una sección a aquellas que poseen potenciales de protección catódica más positivos que - 850 mV off y las mayores velocidades de corrosión. Fig. N°6

Este análisis se realizó para años subsiguientes a los efectos de determinar un Plan de Integridad a largo plazo, en la fig. N° 7 se observa el crecimiento de fallas para la misma sección al año 2001.

Determinación de la Frecuencia de Reinspección en Función de Velocidades de Corrosión

Se estimó la frecuencia de reinspección teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Se determinó el crecimiento de los defectos remanentes aplicando la velocidad de corrosión, correspondiente a cada agrupación de fallas dentro de la sección de gasoducto en estudio.
- b) Se calculó el FER (Factor Estimado de Reparación según NG18 con A= 0,85 d.L) para la población de fallas remanentes año tras año desde 1997 hasta 2015 considerando las Velocidades de corrosión antes mencionadas.

$$FER = \text{MAPO} / \text{Presión de Falla}$$

Donde :

MAPO : Máxima Presión Admisible de Operación (Kg/cm2)

Presión de Falla : Máxima presión a la que la línea puede operar conteniendo un determinado defecto calculado según lo expresado en AGA NG18 , considerando el área de pérdida de metal como A= 0.85 d.L

d : profundidad máxima del área recorrida

L : longitud del área corroida

- c) Se contabilizaron las fallas con $FER > 1$ para cada año en estudio
- d) Se tomo como umbral de reinspección aquel año donde el total de fallas con $FER > 1$ supere las 15.

En la Figura N° 8 se ilustra la gráfica correspondiente al gasoducto LGSM tramo Cerri – La Sortija

CONCLUSIONES

Luego del análisis realizado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- * Las Velocidades de corrosión obtenidas mediante la comparación de fallas remanentes resultan ser superiores a las obtenidas con probetas de corrosión
- * El método de comparación de fallas trae aparejado un error atribuible a las distintas tecnologías entre herramientas de Inspección Interna, más el error producto de la precisión del equipo utilizado como así también debe tenerse en cuenta que no toda la población de fallas remanentes son comparables.
- * El método de utilización de cupones de corrosión es aleatorio, dado que si bien las probetas fueron ubicadas en lugares críticos por su agresividad, no puede asegurarse que sean representativos de todo el sistema de gasoductos.
- * El método de comparativa de fallas facilita la tarea de análisis de riesgo ya que su combinación con los valores de Protección Catódica y Estudios de Suelo, permite aproximar cuales son las zonas críticas del sistema.
- * Con las Velocidades de corrosión obtenidas puede determinarse la frecuencia de pasaje de herramientas de inspección interna acorde con el estado de integridad de cada sección del gasoducto en particular, sin necesidad de utilizar un período fijo.
- * En función de los resultados obtenidos en próximas inspecciones internas y luego del análisis de mayor cantidad de probetas de corrosión, podrán ajustarse las Velocidades de corrosión con mayor precisión.
- * Las zonas críticas donde se cuenta con la mayor concentración de fallas y tasas de corrosión importantes (áreas de riesgo potencial), serán tenidas en cuenta para la elaboración de los futuros programas de reparación y/o recobertura de cañería.

GTO. L.G.S.M. - Tramo SUR

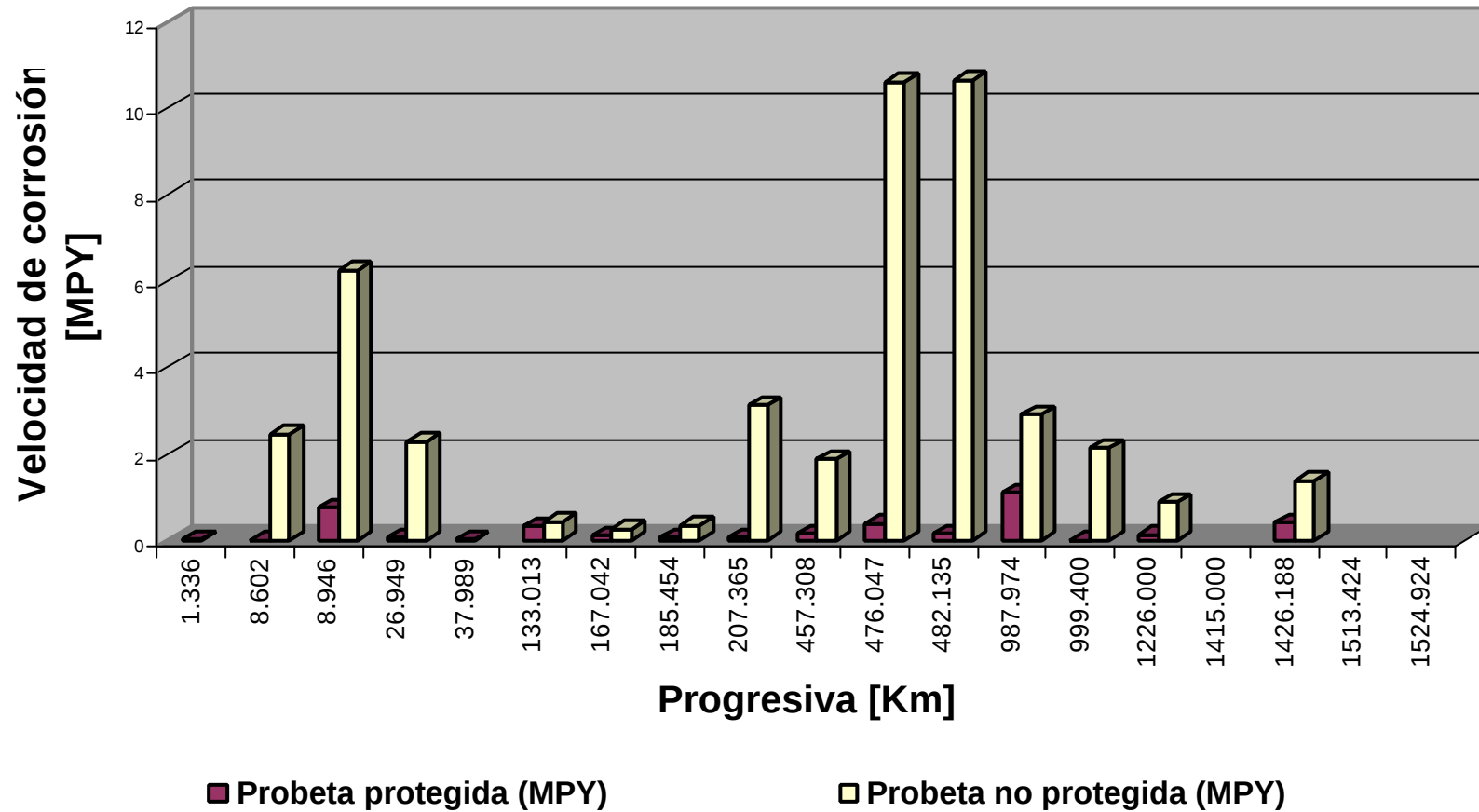


Fig. N° 1 Gráfico de ubicación de cupones y Velocidades de corrosión para el gasoducto LGSM.

GTO. BARROSA - CERRI

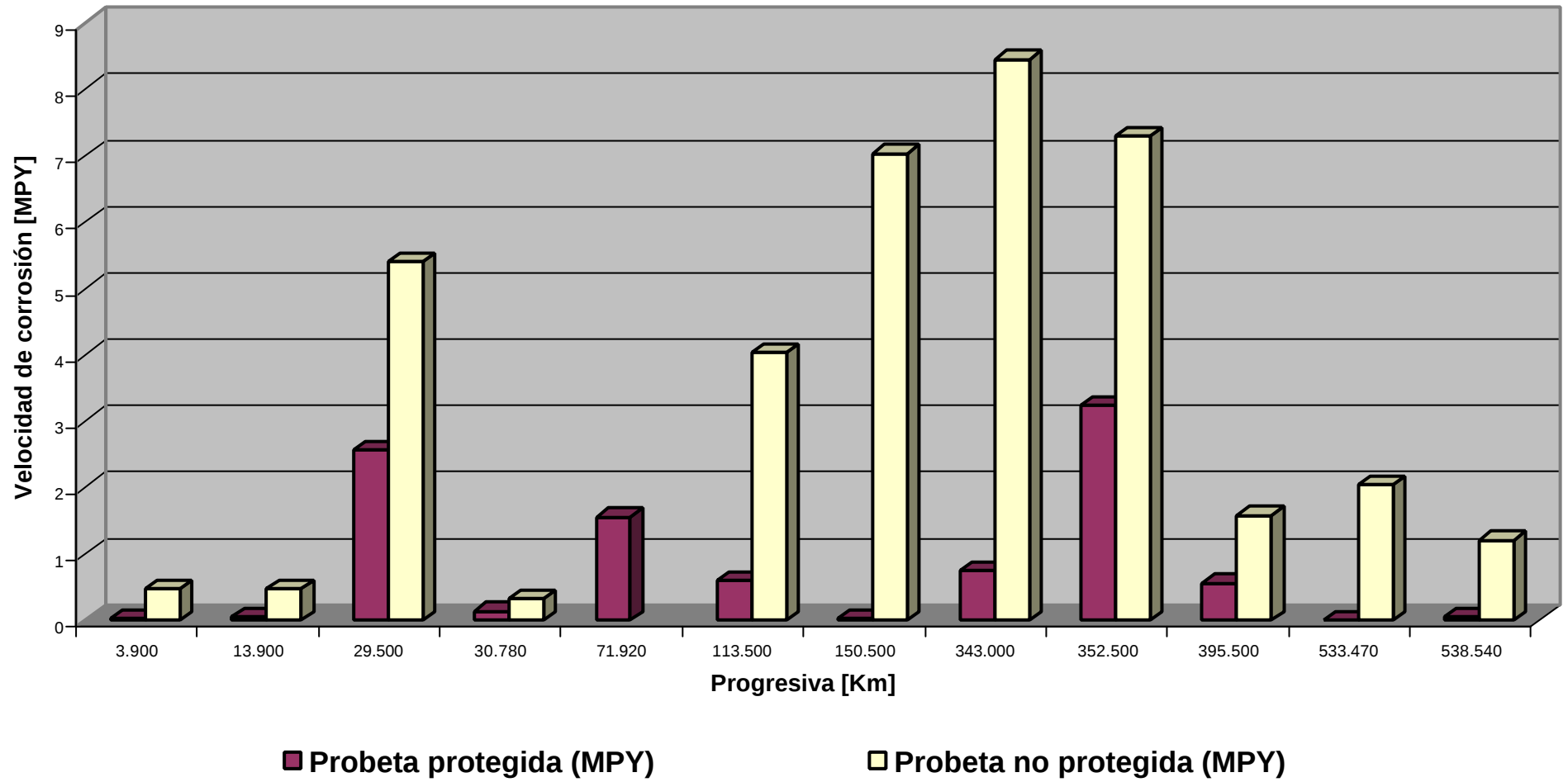


Fig. N° 2 Gráfico de ubicación de cupones y Velocidades de corrosión para el gasoducto Neuba I.

LGSM Cerri - La Sortija
Prof. 94 Vs 97

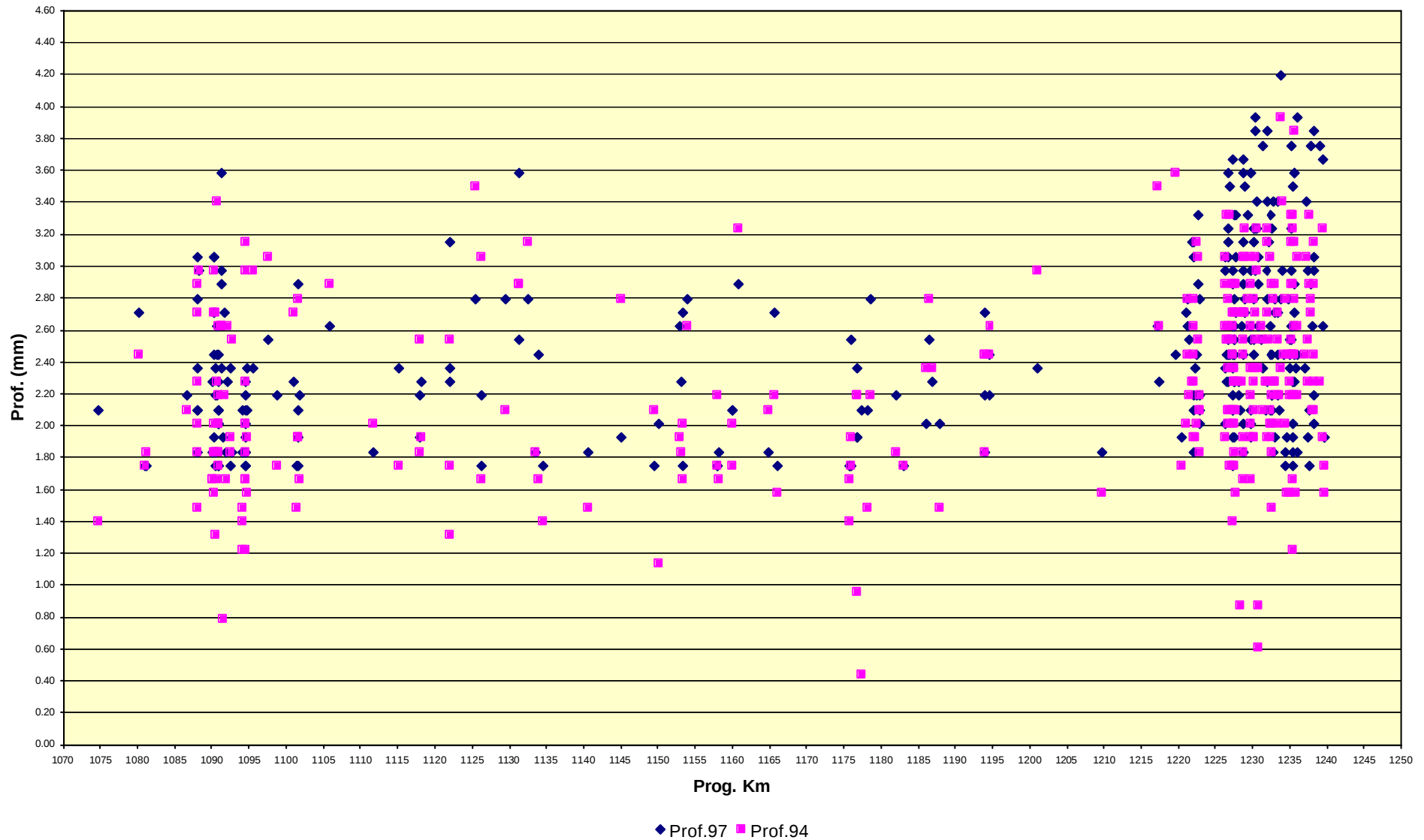


fig. N° 3 Comparativa Según profundidad de fallas entre dos corridas de scraper instrumentado

LGSM Cerri - La Sortija
Indices de Corrosión Individuales

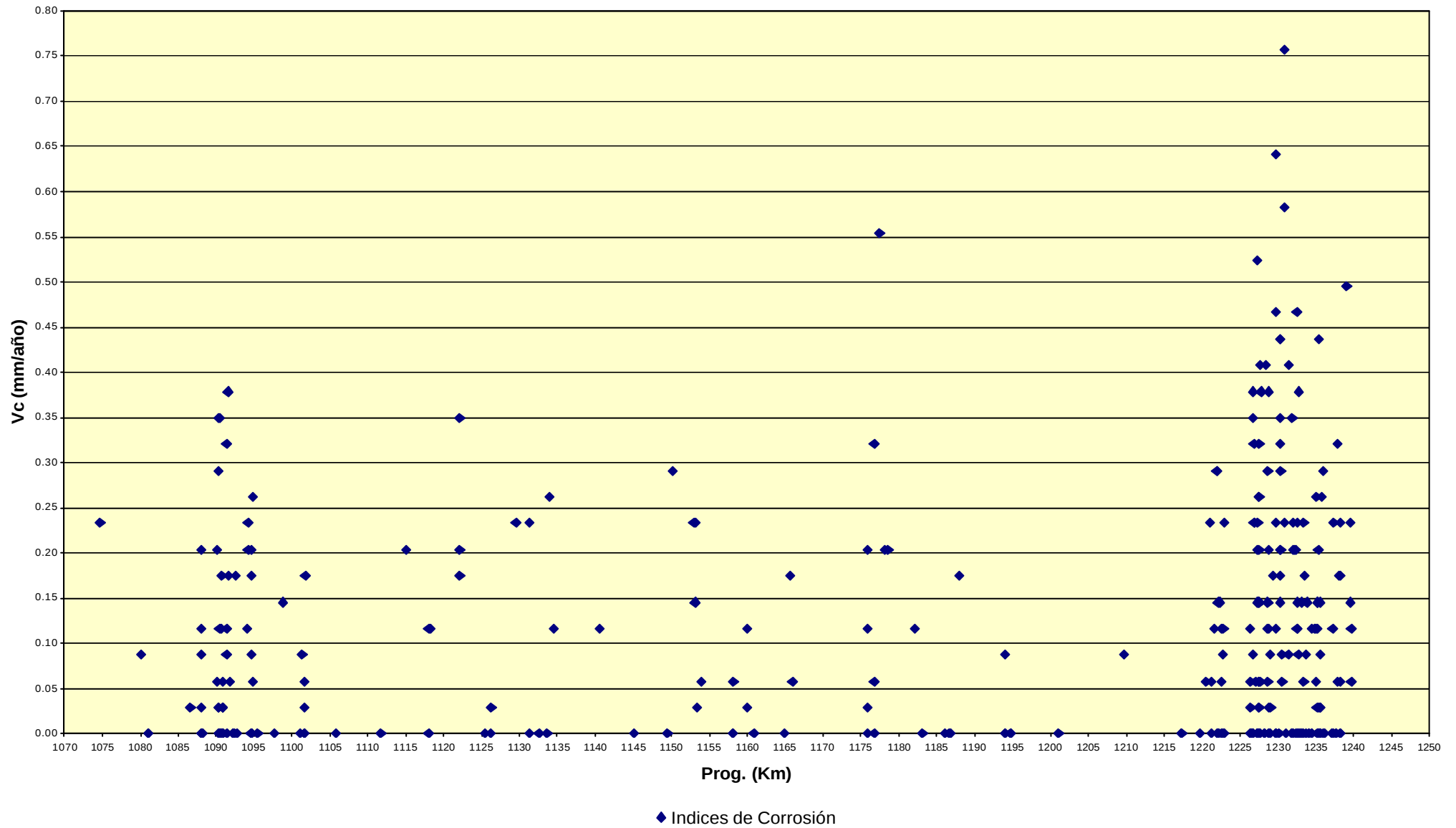


Fig. N° 4 Indices Individuales de Corrosión según agrupación de defectos comparables dentro de una sección de gasoducto

LGSM Cerri - La Sortija
FER NG 18 (A=0.85 d.L) S/ Dif. Indices

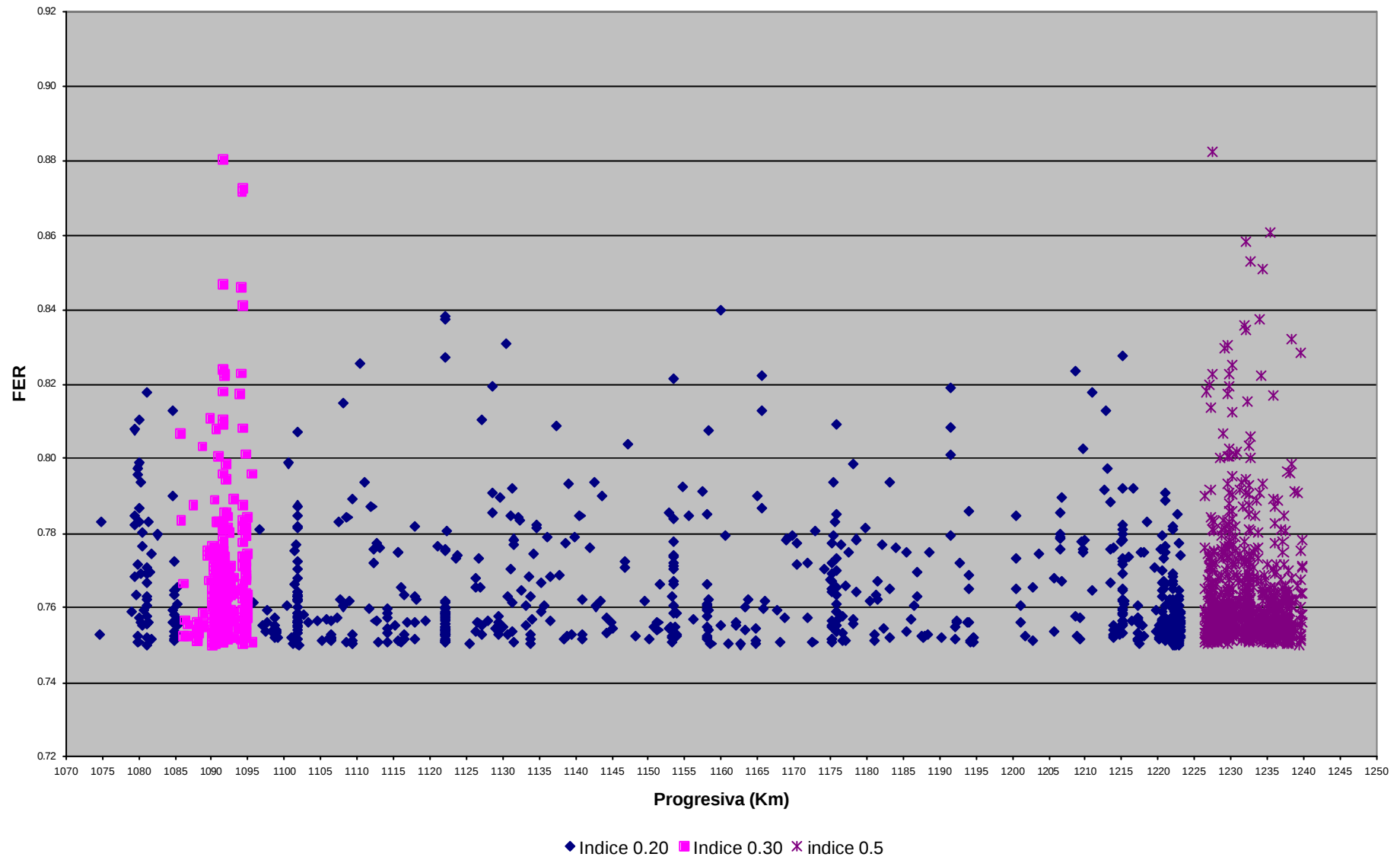


Fig. N° 5 Velocidades de Corrosión según agrupamiento de fallas

LGSM Cerri - La Sortija
FER NG 18 (0.85) S/ Dif. Indices

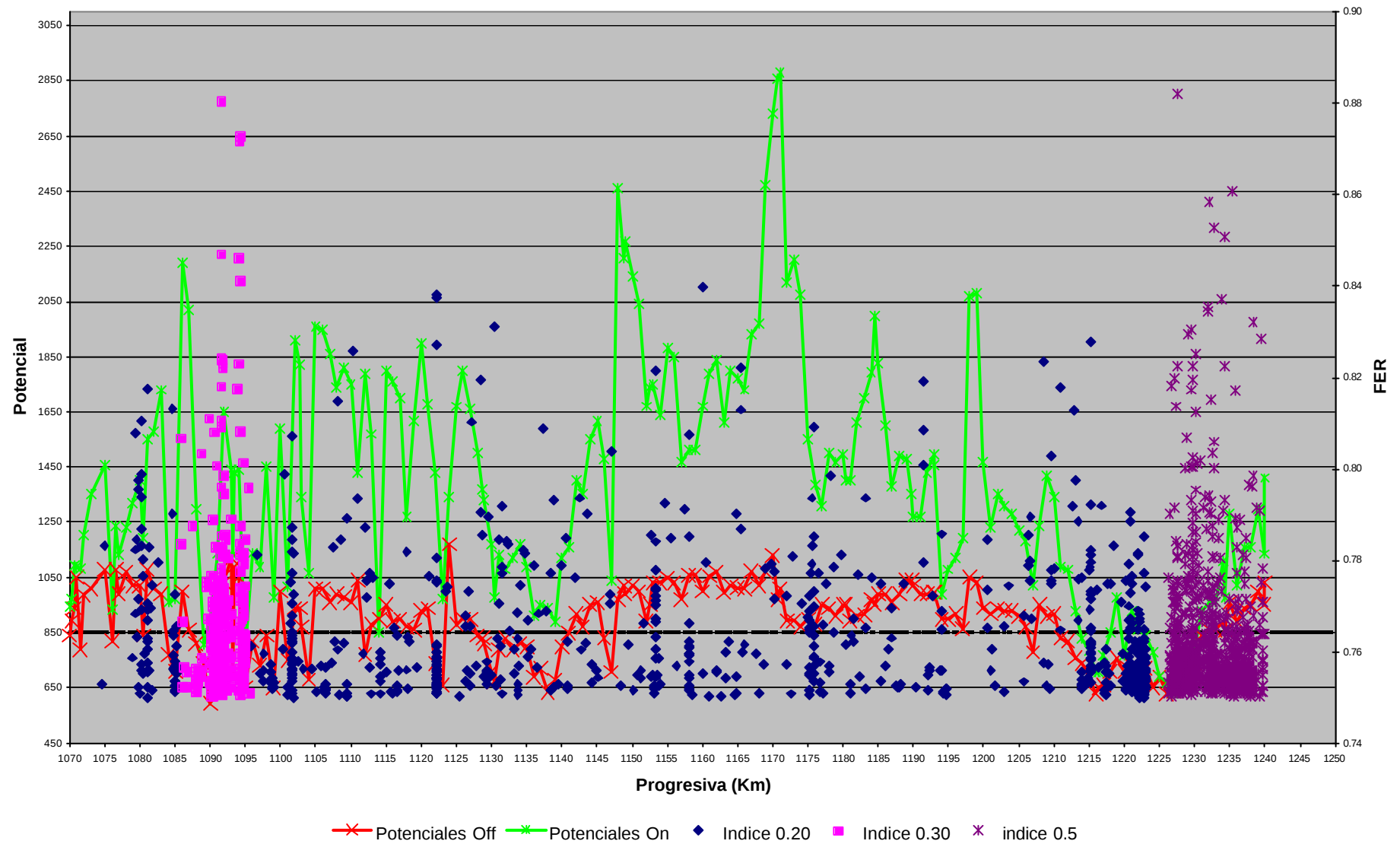


Fig. N° 6 Determinación de Zonas Críticas en Función de Velocidades de Corrosión

LGSM Gral. Cerri - La Sortija
FER NG 18 (0.85) S/Dif. Indices
Año 2001

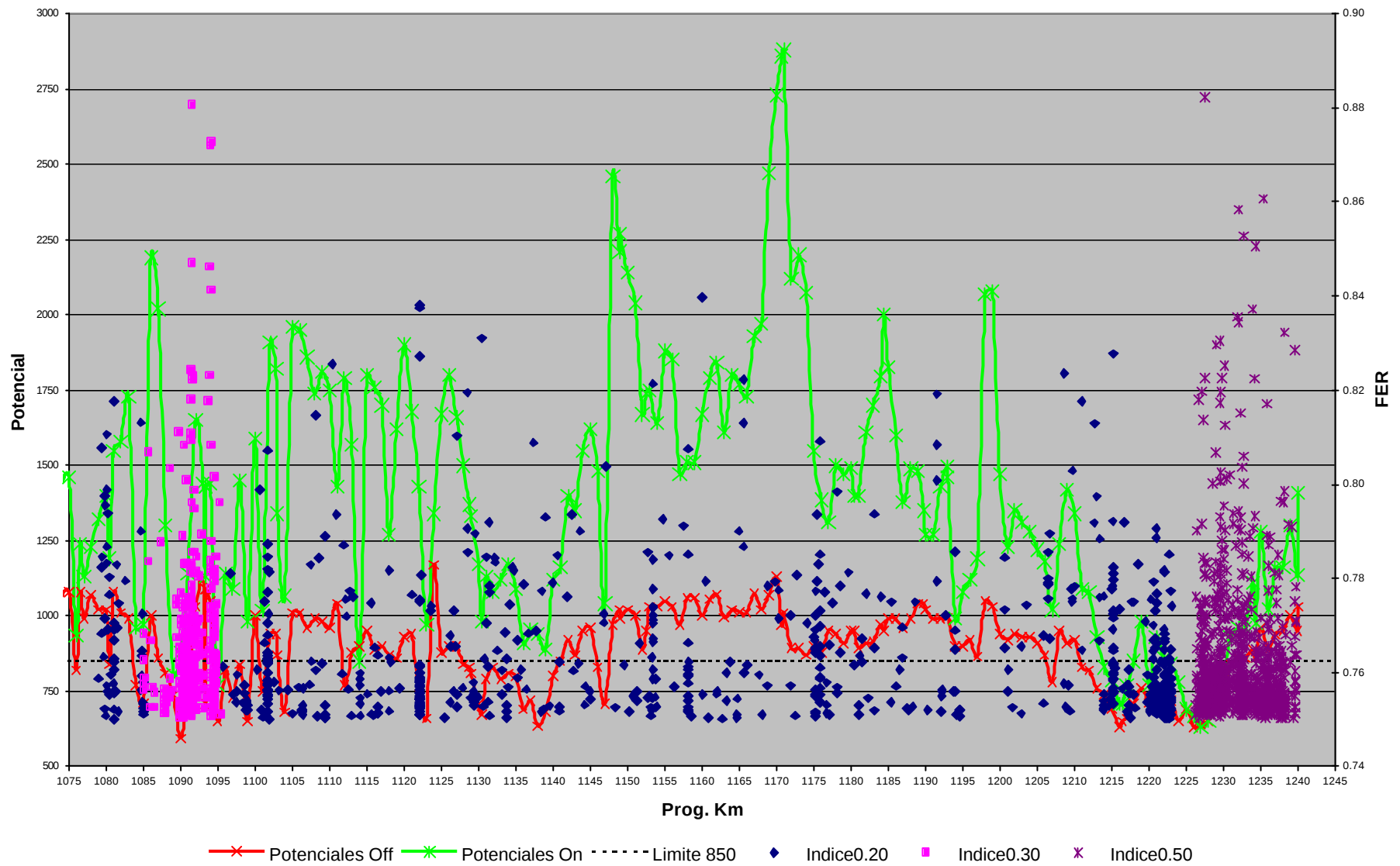


Fig. N°7 Gráfico de Crecimiento de fallas la año 2001

L GSM Gral. Cerri - La Sortija
Frecuencia de Reinspección de Fallas
S/Índices de Velocidad de Corrosión

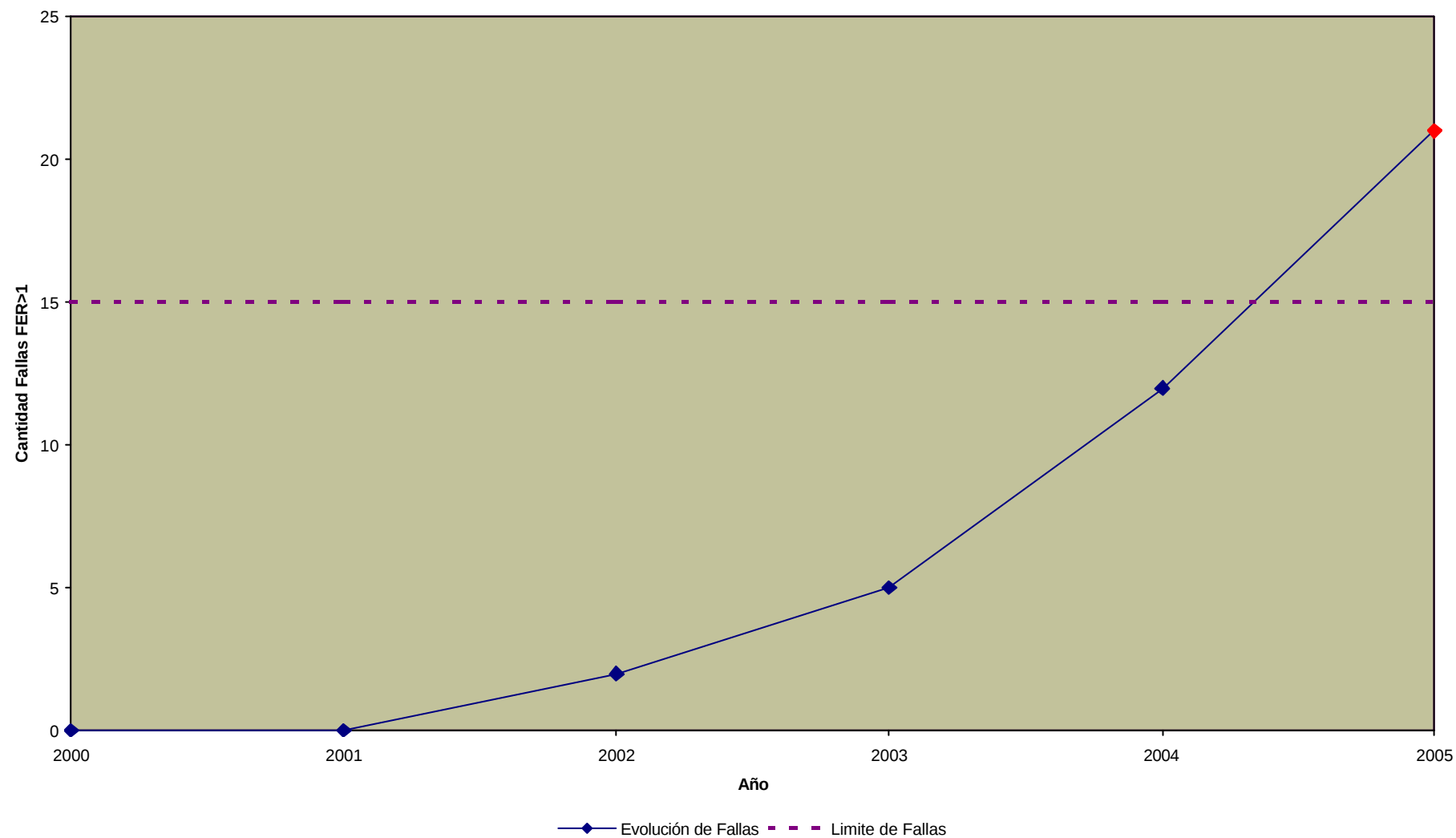


Fig. N° 8 Determinación de la Frecuencia de Reinspección en Función de Velocidades de Corrosión