

MAPEAMENTO HIDROGEOLÓGICO DA NICARÁGUA ESC: 1:1.000.000

POR

N. Fenzl¹

RESUMO--O presente trabalho é resultado de uma análise minuciosa de todas as publicações existentes referentes à hidrogeologia da Nicarágua (América Central). Todos os dados foram submetidos à uma avaliação crítica, eliminando informações com alto risco de erro. Os dados duvidosos foram conferidos no campo na medida em que não se tratavam de zonas de guerra. O mapa hidrogeológico toma como base os principais grupos de rochas: sedimentares, vulcânicas, intrusivas e metamórficas. Todas as informações geológicas foram classificadas de acordo com suas características hidrogeológicas encontradas na literatura (cadastro e descrição de poços, etc...), e em certos casos levantados no campo.

INTRODUÇÃO

O mapa hidrogeológico da Nicarágua, esc. 1:1.000.000 é a primeira etapa de um projeto de mapeamento, a longo prazo, na escala 1:250.000, financiado por organizações internacionais e pelo governo da Nicarágua, através do INETER (Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales).

O objetivo do mapa esc. 1:1.000.000 é a organização de todos os dados hidrogeológicos disponíveis no país, num determinado nível de detalhe, que possa servir de base para o grande trabalho na escala 1:250.000.

METODOLOGIA

O mapa hidrogeológico

Para classificar as principais formações geológicas em relação as suas características hidráulicas (K, T, etc...), foram adotados os seguintes critérios:

- a) a composição litológica da formação,
- b) o seu grau de intemperismo e erosão,
- c) o grau de fraturamento,
- d) dados granulométricos para os depósitos não consolidados,
- e) todas as informações sobre as características hidráulicas (T, K, S e outras) existentes na literatura.

As informações disponíveis à respeito de cada formação geológica foram classificados em 2 grupos:

¹Professor e Pesquisador do Centro de Geociências da UFPa, Belém, PA.

- a) informações de caráter genérico:
- nome da formação, símbolo geológico
 - idade geológica
 - espessura da formação
 - características litológica-hidrogeológicas gerais da formação
- b) características hidráulicas
- meio físico (fissurado, poroso, etc...)
 - transmissibilidade ($T, m^2.d^{-1}$): alta ($T \geq 950$)
médica (950-350)
baixa ($T < 350$)
nula
 - permeabilidade ($K, m.s^{-1}$): excelente (10^5-10^2)
boa (10^2-10)
regular ($10^{-1}-10^{-4}$)
impermeável ($< 10^{-4}$)

Incluindo o conceito "variável", quando as informações à respeito mostram valores extremos.

- capacidade específica (Ce)
- coeficiente de armazenamento (S)

O mapa hidrogeológico 1:1.000.000 (Fig. 1) foi reduzido ao tamanho A4 para possibilitar a reprodução na presente publicação. Da mesma maneira as cores foram substituídos por números.

O mapa hidroquímico

As informações hidroquímicas geralmente provenientes de poços perfurados em aquíferos de depósitos não consolidados, foram classificados em 4 grupos (Tab. 1), usando o método de H. Schoeller (1961).

Na região das planícies da vertente atlântica do país, há uma nítida tendência para a formação de aquíferos de caráter Cl-Na. Ao contrário na Costa Pacífica predominam as águas subterrâneas de caráter bicarbonatado (Fig. 2).

Tabela 1. Características Hidroquímicas das águas subterrâneas dos aquíferos mais importantes de Nicarágua.

Formação geológica	Características predominantes	Características secundárias
- Brito - Tamarindo - El Santo - Matagalpa: Achuapa Limay Stelí	HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Na HCO ₃ -Mg HCO ₃ -Ca-Mg HCO ₃ -Ca-Na Cl-Na
- Depósitos Vulcânicos - Matagalpa: Condega Palacaguina	HCO ₃ -Ca-Mg	HCO ₃ -Ca HCO ₃ -Cl-Na HCO ₃ -Ca-Na

- Las Sierras - Vulcânico Cuaternário V. Matagalpa Jinotega	HCO ₃ -Ca-Mg-Na	Cl-Na HCO ₃ -Ca-Na
- Aluviões e - Fluvio-Coluviais	Cl-Na	HCO ₃ -Na HCO ₃ -Na

O mapa climático

O país pode ser dividido climaticamente em 4 regiões:

- clima tropical de pluvioselva
- clima monzônico de selva
- clima tropical de sabana
- clima subtropical de montanha

As isoietas usadas representam a precipitação média do período de 1971-1981, (Fig. 3).

O mapa hidrográfico (balanço hídrico)

O mapa foi elaborado em base de todos os dados hidrográficos e climatológicos (ET, I, P, etc...) existentes, tanto medidos, calculados como estimados. Além disso, foram usados métodos de aproximação para estimar os dados faltantes ou para substituir os dados não confiáveis, (Fig. 4).

Por exemplo, no caso da vertente pacífica do país, foi possível estabelecer as seguintes relações:

$$(1) \text{ (EST + I) } = 32.10^{-4} (P) + 43$$

$$(2) \text{ (ETr) } = 38.10^{-4} (P) + 57$$

onde EST = escoamento superficial total (%P)

I = infiltração (%P)

ETr = evapotranspiração real (%P)

P = precipitação média anual (em mm/a).

Encontrados empiricamente, estas duas relações permitiram estimar principalmente os valores de infiltração.

No caso da vertente atlântica, que recebe aproximadamente 90% da precipitação do país, os valores de infiltração foram estimados diretamente em relação à pluviosidade usando dados de outras regiões do mundo, com condições climático-geomorfológicas semelhantes:

$$P > 4.000 \text{ (mm/a)} \rightarrow I \approx 5 \text{ (%P)}$$

$$2.800 < P < 4.000 \rightarrow 5 < I < 8$$

$$P < 2.800 \rightarrow 8 < I < 12$$

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GERAIS DA NICARÁGUA

Geomorfologia

Do ponto de vista geomorfológico, o país se divide em 6 regiões características, bem definidas:

- a planície da costa pacífica
- a anticlinal de Rivas
- a cadeia vulcânica do pacífico
- a depressão nicaragüense (constituída pelo eixo dos lagos de Nicarágua e de Managua)
- as "terras altas" centrais
- a planície da costa atlântica

As primeiras 4 regiões ocupam uma superfície de aproximadamente 38.700km² (aproximadamente 30% do território nacional) e constituem a região pacífica do país.

Clima e hidrografia

As precipitações anuais variam entre 800 mm/a nas "terras altas" centrais e 6.300 mm/a no extremo sudoeste do país (Fig.3). Do ponto de vista pluviométrico, é comum distinguir 2 zonas características:

- a zona climática do Pacífico, localizada ao oeste da isóeta 2.000 (mm/a), classificada como clima tropical de savana. Precipitação média 1.420 mm/a, caracterizado por uma divisão nítida entre a estação seca e a estação da chuva (maio até novembro com 90% da precipitação anual).
- a zona climática do Atlântico, clima tropical de selva e monzônico de selva. As precipitações médias anuais variam em torno de 2.210 mm/a. A temperatura média anual nesta região varia entre 23° e 25°C.

Do ponto de vista climatológico, segundo Kloppen, prevalece a classificação mencionada anteriormente.

Hidrograficamente a Nicarágua é dividida em duas grandes regiões: a vertente pacífica com 12.069km² (9% do território Nacional) e a vertente atlântica com 130.000km² (91% do território Nacional) (Fig.4).

Dos 94 rios mais importantes, 23 desembocam no oceano Atlântico, 18 no oceano Pacífico, 45 no lago de Nicarágua e 8 no lago de Managua. Porém, os 53 rios que alimentam os 2 grandes lagos estão indiretamente ligados ao oceano Atlântico.

Somente os grandes rios da vertente atlântica apresentam águas perenes e navegáveis.

O país tem três lagos excepcionalmente grandes em comparação à superfície do país:

- o lago de Nicarágua com 8.157km² (6,7% do território Nacional)
- o lago de Managua com 1.035km² (0,85% do território Nacional)
- o lago de Apanás com 51km² (0,042% do território Nacional)

Assim, 7,6% da superfície do país são constituídas pelos 3 lagos mencionados.

Aproximadamente 129.439,10⁶m³/a é o volume total de água que

escorre para os oceanos, o que representa em torno de 41,2% da precipitação anual do país.

Deste volume total 3,7% desemboca no oceano Pacífico (4.823.10⁶ m³/a) e 96% alimentam o oceano Atlântico o que corresponde à um fluxo de 124.615.10⁶m³/por ano.

Estes valores expressos em termos de fluxo unitário correspondem à 31.5 l/s/km² para a vertente atlântica de 11.76 l/s para a vertente pacífica.

Como se pode observar, a distribuição dos recursos hídricos do país é extremamente desigual, o que se torna bastante problemático visto que 2/3 da população vivem na vertente pacífica do país, onde se concentram as grandes cidades e a atividade agrícola.

As águas subterrâneas

As formações quaternárias (aluviões e piroclastos) da planície de Leon-Chinadega, da mesa de Carazo e da depressão nicaragüense constituem os mais importantes sistemas aquíferos, conhecidos e explorados até o momento atual (Fig. 5).

As maiores taxas de recarga foram registradas nas planícies costeiras do pacífico, cuja origem se localiza basicamente nas proximidades da cadeia vulcânica do pacífico.

O potencial total dos recursos hídricos do país foi estimado aproximadamente com 149.10⁹m³/a, dos quais 135.10⁹m³/a são águas superficiais e 14.10⁹m³/a são águas subterrâneas.

A qualidade físico-química das águas subterrâneas

A divisão hidrográfica, geomorfológica e climatológica se reflete nitidamente em todos os dados hidroquímicos analisados (Tab. 1). Apesar da heterogeneidade e da qualidade duvidosa de muitos dados analíticos, as análises químicas mostraram claramente altas concentrações de sais e sólidos nas águas subterrâneas das regiões secas e vulcânicas (clima tropical de savana) das regiões do pacífico. Enquanto nas regiões atlânticas, com um clima semelhante à Amazônia brasileira, as águas subterrâneas apresentam geralmente uma baixa concentração em sólidos totais dissolvidos (STD).

Em algumas regiões da vertente pacífica, a alta concentração de STD apresenta problemas sérios para o consumo humano, cujas causas foram identificadas como sendo:

- a intensa erosão, nas épocas de chuva, de depósitos vulcânicos, geralmente constituídos de cinzas extremamente finas.
- a atividade termo-vulcânica subterrânea, que exerce uma grande influência sobre o quimismo das águas naturais da região.
- a atividade agrícola intensa (algodão, milho...) e o uso excessivo de agrotóxicos.

- a sobreexploração dos aquíferos costeiros, que pode causar a penetração de águas salgadas, fato que já foi demonstrado pelo autor em outros trabalhos. (Fenzl, 1985)

CLASSIFICAÇÃO HIDROGEOLOGICA DAS FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DA NICARÁGUA

Características geológicas gerais

As formações geológicas da Nicarágua podem ser classificadas em 5 grandes províncias:

- província da costa pacífica (anticlinal de Rivas)
- província da depressão nicaraguense (cadeia vulcânica quaternária e planícies sedimentares)
- província central (rochas vulcânicas terciárias)
- província do norte (rochas intrusivas cretáceas e metafórficas paleozóicas)
- província da costa atlântica

Características litoestratigráficas e hidrogeológicas das formações geológicas

A seguinte tabela mostra as características da maior parte das formações geológicas do país, utilizando os critérios mencionados no início do trabalho.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA	DESCRIÇÃO LITOESTRATIGRAFIA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS
RIVAS	Cenoman-Maastricht, espessura(e)= 2.100-3.435m, arenitos compactos com intercalações tufáceas. Siltitos tufáceos, folhelhos argilosos, margas ocasionalmente arenitos calcários e conglomerados vulcânicos. Aquíferos: camadas de arenitos calcários e conglomerados.	poroso T: baixa-nula P: regular-impermeável.
SAPOÁ	Cretáceo superior, e=20m, calcários massivos de algas (estromatólitos).	fissurado T: alta-nula P: variável
BRITO	Terceário-Eoceno, e máx.=2.570m. Calcoarenitos, camadas finas calcários, margas e arenitos tufáceos, tufos e aglomerados vulcânicos. Aquíferos: arenitos e conglomerados.	fissurado/poroso T: baixa-nula P: regular-impermeável
MASACHAPA	Terceário-Oligoceno, e médio= 1.680m, fácies pelágica com embasamento conglomerático. Sequência de folhelhos argilosos, tufos carbonatos e arenitos.	fissurado/poroso T: baixa-nula P: variável
EI FRAILE	Terceário-Mioceno, e=2.700m. aglomerados, arenitos, conglomerados, calcários.	poroso T: baixa P: regular-impermeável

TAMARINDO	Mioceno-Terciário, e total=600m ignimbritas e lavas andesíticas, tufos andesíticos, aglomerados, lavas básicas, localmente arenitos, lavas ácidas.	fissurados T: baixa-nula P: variável
EL SALTO	Plioceno, e médio=110m, calcários, arenitos calcários e conglomerados	poroso T: baixa P: regular-impermeável
LAS SIERRAS	Plio-Pleistoceno, e máxima=680m piroclastos grossos, lapili, pomez, tufas líticas brancas e tufas aglomeráticas	poroso T: alta-média P: boa rendimento médio dos aquíferos: 900-4.500 l/m S: 2,9-0,12x10 ⁶
ALUVIÕES FLUVIO-COLUVIAIS	Quaternário, e máximo=50m, sedimentos que acompanham os principais rios e cobrem as planícies aluvionais intermontanhosas do centro do país.	poroso T: alta P: excelente
DEPÓSITOS VULCÂNICOS	Quaternário-pleistoceno-recente, e médio=90m, material piroclástico, poeiras finas, pomés, lapili, etc...	poroso T: alta P: excelente
COYOL	Terciário-plioceno, e=100-600m, lavas basálticas, andesíticas e dacíticas, aglomerados, ignimbritas e tufos.	fissurado/poroso T: alta-nula P: variável Ce: 0,4-13m ³ /n/m
MATAGALPA	Eoceno, Oligoceno-Mioceno, e= 400-600m, ignimbritas riolíticas, lavas quartzo-latiandesíticas a quartzo-andesíticas, piroclastos (tufos e aglomerados)	fissurado/poroso T: alta-nula P: variável
TOTOGALPA e ÁGUAS SARCAS	Terciário-Oligoceno, conglomerados vermelhos e siltitos silicados intercalados nas rochas de formação Matagalpa	fissurados T: baixa-nula P: variável
MACHUCA e PRÉ-MACHUCA	Terciário-Eoceno, calizas silicificadas, grauvacas	fissurado/poroso T: baixa-nula P: variável
YOJOA	Alb-Turon, Cretáceo e máx.= 1500m, calcários conglomerados e grauvacas, xistos e calcários massivos.	fissurado/poroso T: baixa-nula P: variável
FLUVIO-COLUVIAL DO ATLÂNTICO	Quaternário Recente, e=20-100m, depósitos costeiros, areias de praia, aluviões e sedimentos argilosos mais consolidadas, formação geralmente saturada, devida alta pluviosidade.	poroso T: baixa P: regular Ce: 0,4-2m ³ /n/m

BRAGMAN'S BLUFF	Quaternário, e≈60m, fina camada de conglomerados (aprox. 2m) e argilas subjacentes. Somente os conglomerados podem ser aproveitados localmente como aquíferos.	poroso T: baixa P: regular-baixa
--------------------	--	--

REFERÊNCIAS

- FENZL, N. - Estudio da Intrusão Marinha nos Aquíferos costeiros da Costa Pacífica da Nicarágua, Rev. ABAS, 9, 1985.
- FENZL, N. - Estudio Hidrogeológico de la region de El Limón, Doc. interno - INETER, Managua, 1983.
- FENZL, N. - Estudio Hidrogeoquímica de las aguas subterranas de la Península Chiltepe - Lago de Managua, Doc. interno, INETER, Managua 1982.
- M.O.P. - INST. GEOGRAF. NAC. - Mapa geológico de la Republica de Nicaragua, esc. 1:1000.000, Managua 1975.
- D.N.U. - Programa para el desarrollo - proyecto Nic-8-71: Informe de los resultados, conclusiones y recomendaciones de la fase I Investigacion de aguas subterranas en la region de la Costa del Pacífico, Managua 1971.
- KVANG, I. - Geologia de los cuadrangulos de León, Puerto Sandino, Corinto, Chinandega y Aserraderas - Informe preliminar de Catastro - Managua, 1969.
- Geologia de las cuadrangulos Telica y La Paz Centro. Informe preliminar de catastro - Managua, 1969.
- OBS: Debido a quantidade dos documentos investigados, somente mencionamos aqui alguns exemplos de trabalhos importantes.

FIGURA 2

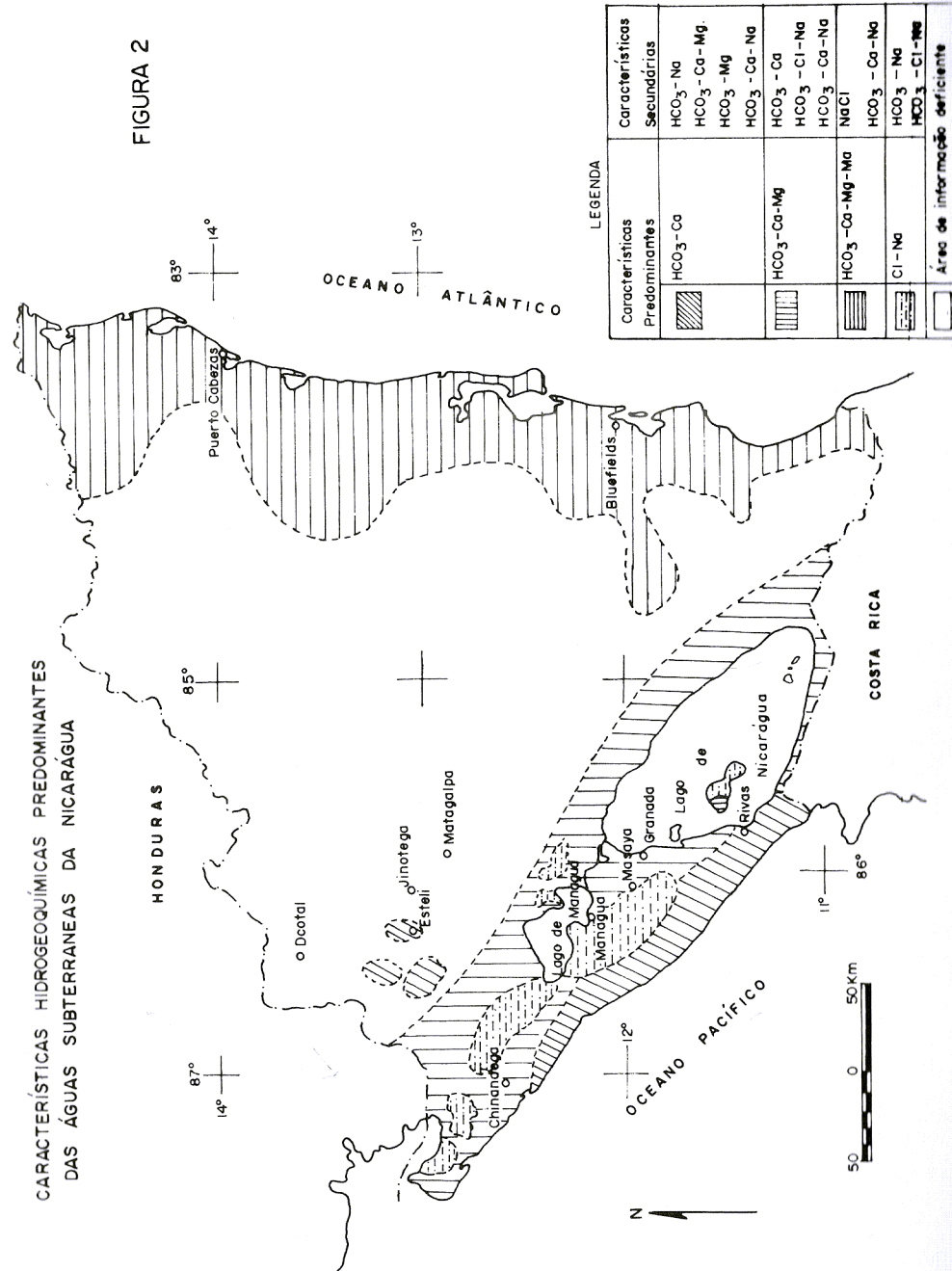
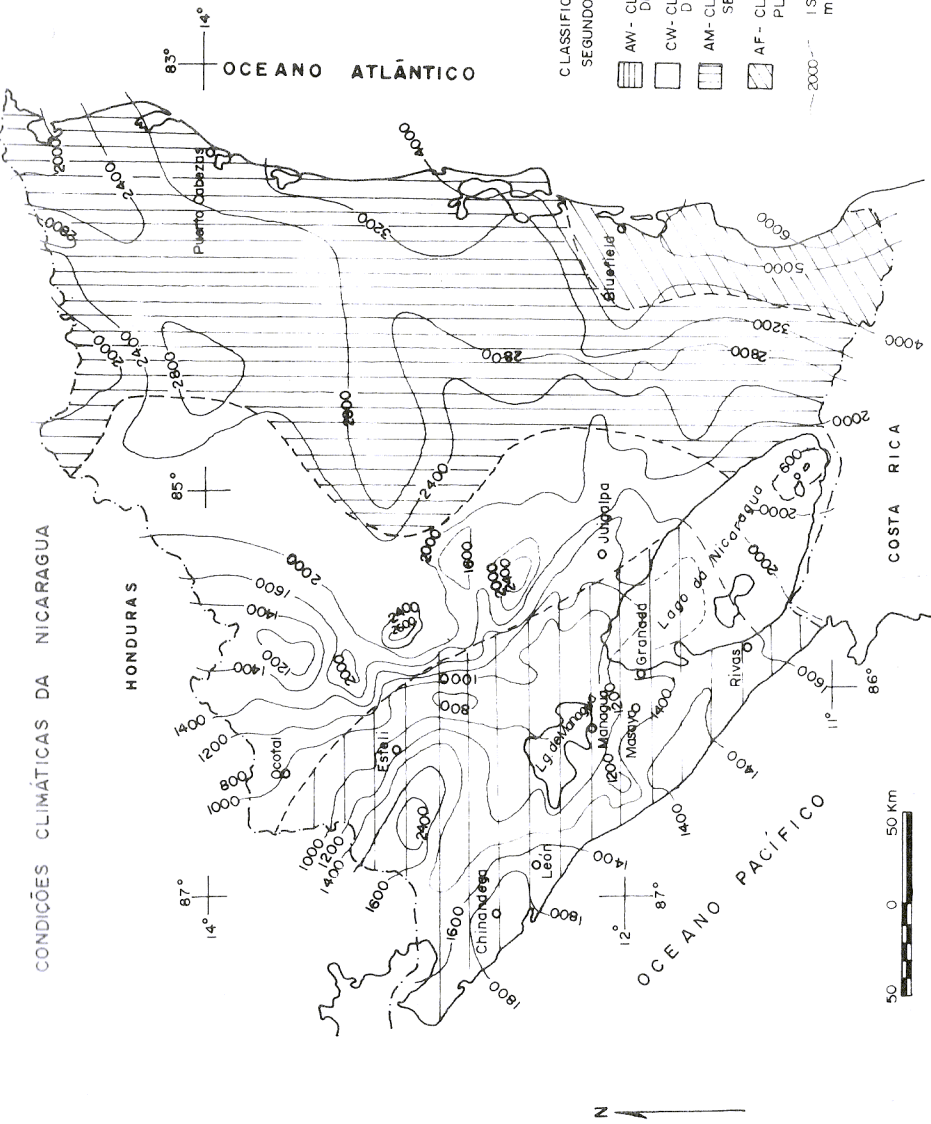


FIGURA 3



CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS GERAIS DA NICARAGUA

Vertente Pacífica	Vertente Atlântica
A 12.997,04 km ²	A 121.388,69 km ²
Pm 1.636,31 mm/a	Pm 3.083,73 mm/a
ETRm 833,7 mm/a	ETRm 1.164,07 mm/a
Esc 403,7 mm/a	Esc 1.620,35 mm/a
Im 302,23 mm/a	Im 305,94 mm/a

FIGURA 4

